70 JAAR

1920 1990

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 55 nr. 5/6 1990

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris.
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,— per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium contact op te nemen met de voorzitter van de redactiecommissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,—. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

ONDERWIJSCOMMISSIE

VAN DE REDACTIE

Evenals vorig jaar is het laatste nummer gewijd aan de samenvattingen van de proefschriften van de drie Elektrotechnische Faculteiten in Nederland.

Ook ditmaal is uitsluitend gebruik gemaakt van de samenvattingen en niet van publicaties in de pers over de proefschriften.

De inhoud geeft de eerste pagina per Universiteit aan. De volgorde is chronologisch. Het alfabetisch register is op de namen van de promovendi gerangschikt. In het register is achter het paginanummer met een enkele letter aangegeven, waar de promotie plaatshad.

De proefschriften liggen ter inzage op de universiteitsbibliotheken. Wanneer u behoefte heeft aan een eigen exemplaar kunt u hierom schriftelijk verzoeken bij de betreffende Centrale bibliotheek. Onderstaand vindt u de adressen.

Mevrouw I. de Graaf-van Vonno
Centrale bibliotheek TUD
Schuttersveld 2
2611 WE Delft

De Heer J. Duijn
Centrale bibliotheek TUE
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Mevrouw A.M. Tenhagen
Bureau Universiteitsbibliotheek Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

Technische Universiteit DELFT

DESIGN OF HIGH-PERFORMANCE NEGATIVE-FEEDBACK OSCILLATORS

Door C.A.M. Boon.
19 september 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J. Davidse,
Dr.ir. E.H. Nordholt.

Dit proefschrift beschrijft het ontwerp van negatief teruggekoppelde oscillatoren met hoge kwaliteit. Deze oscillatoren leveren een signaal met een nauwkeurige frekwentie, golfvorm en amplitude aan een onnauwkeurige belasting. De basistheorie voor oscillatoren leert dat voor een hoge kwaliteit deze oscillatoren noodzakelijkerwijs een lus bevatten van een passief resonerend filter, waarvan de resonantiefrekwentie de referentie voor de oscillatiefrekwentie vormt, een versterker om de klein-signaal instabiliteit te garanderen en een niet-lineair element dat de oscillatie-amplitude stabiliseert.
In praktische uitwerkingen van dit concept speelt de implementatie van het niet-lineaire element een sleutelrol bij de realisatie van een bepaalde oscillatorkwaliteit. Tegenwoordig is de vereiste niet-lineariteit in vele oscillatoren niet speciaal ontworpen, maar wordt deze overgelaten aan de toevallig aanwezige niet-lineariteit in de versterker in de oscillatorlus, hetgeen zich doorgaans uit in een lage kwaliteit. Voor een hoge kwaliteit is de toepassing van negatieve terugkoppeling in deze versterker essentieel. Tot nu toe echter zijn slechts configuraties in gebruik die trage, dynamisch niet-lineaire terugkoppeling toepassen. Deze soort terugkoppeling vereist speciale niet-lineaire elementen, zoals NTC- of PTC-weerstanden of een amplitude regellus (AVR). Deze configuraties zijn niet bijzonder populair gebleken. Exotische niet-lineaire weerstanden of een uitgebreide AVR-lus met mogelijke instabiliteitsproblemen ontmoedigen menig ontwerper.

Hier stabiliseert de terugkoppeling de overdracht van de versterker op een niet-traditionele manier tot die van een geheugenloze begrenzer. Omdat de terugkoppeling de onnauwkeurige belasting isoleert van de oscillatorlus, kan de oscillatie beschreven worden met de filteroverdracht, die bij voorkeur wordt gegeven door die van een resonator met kleine verliezen, en de geheugenloze overdracht van de versterker. De geheugenloosheid van de versterker beoogt oscillatie op de resonantiefrekwentie. Bovendien wordt zijn klein-signaal versterking voldoende groot gekozen om oscillatie te verzekeren en is zijn begrenzingsnivo gelijk aan de gewenste oscillatie-amplitude. Met een dergelijke terugkoppeling kunnen alle actieve elementen in klasse A bedrijf werken. Dit maakt een eenvoudige beschrijving mogelijk. Alle signalen kunnen worden berekend alsof zij voor zouden komen in een negatief teruggekoppelde versterker. Verder is ook de amplitudestabilisatie eenvoudig. Een bijkomend voordeel is dat met instantane begrenzing een snelle oscillatorverstemming mogelijk is zonder amplitudeinstabiliteit ('bouncing'). De statische frekwentiefout en de vervorming zijn met deze niet-lineaire versterkeroverdracht duidelijk niet minimaal. Aan de hand van een eenvoudig model kan echter worden aangetoond dat de verslechtering relatief klein is.

De begrenzer in de oscillatorlus beïnvloedt de overdracht van onafhankelijke, kleine signalen, zoals de in de oscillator aanwezige ruis, naar amplitude- en fasevariaties in het uitgangssignaal op een eenvoudige wijze. Deze overdracht hangt niet alleen af van resonatorgrootheden, maar ook van de klein-signaal lusversterking, die het aangroeien van de oscillatie tijdens opstarten bepaalt. Vergeleken met de lineaire situatie, waarin deze lusversterking precies gelijk aan 1 is, verminderen enigszins hogere waarden op effectieve wijze alleen de overdracht naar amplitudevariaties. Veel hogere waarden moeten worden vermeden, omdat zij het terugvouwen veroorzaken van hoogfrekwentie componenten naar het gebied rond de oscillatorfrekwentie, waar deze componenten de frekwentiestabiliteit verslechteren. Een vuistregel is hier dat met een witte ruisbron aan de ingang van de begrenzende versterker de overdracht naar het spectrum van de fasevariaties een factor gelijk aan de genoemde lusversterking hoger is dan in het lineaire geval. Meestal is een klein-signaal lusversterking van 2 een goed compromis. Hoe meer de resonator de aanwezige ruis in bandbreedte beperkt, hoe hoger de lusversterking gekozen kan worden. Met deze keuze voor de lusversterking gedraagt de oscillator zich alsof zij geregeld wordt door een ideale AVR; amplituderuis wordt sterk onderdrukt en faseruis wordt alleen veroorzaakt door ruiscomponenten met frekwenties die niet veel verschillen van de oscillatorfrekwentie.

In negatief teruggekoppelde oscillatoren wordt de resonator gevormd door een eenvoudige LC kring. In de voorgestelde opzet wordt een seriekring afgesloten door een stroomgestuurde negatieve weerstand die een begrenzende stroom-spanningsoverdracht bezit. Duaal fungeert een spanningsgestuurde negatieve geleiding met een begrenzende spanning-stroomoverdracht als een afsluiting van een parallelkring. De oscillator bestaat uit een resonator en een versterker die tussen de tweepolige resonator en de tweepolige belasting wordt geplaatst. De ingang van de versterker vormt de vereiste resonatorafsluiting, terwijl de versterker zelf op unilaterale wijze de resonatorstroom of -spanning overdraagt naar de belasting in de vorm van een spanning of een stroom. Vier fundamenteel verschillende configuraties kunnen hier worden onderscheiden voor elk type resonator. Twee terugkoppelingen over een actief deel met een hoge beschikbare vermogensversterking geven een versterker de benodigde eigenschappen: één in serie met en één parallel aan de ingang stabiliseren de versterkeringang en beide in serie met of parallel aan de uitgang van de versterker verzorgen de stroom- of spanningsturing van de belasting. De niet-lineariteit in de resonatorafsluiting wordt verkregen door een nauwkeurig, geheugenloos niet-lineair element in één van beide terugkoppelwegen op te nemen. Voor alle acht fundamenteel verschillende configuraties wordt een classificatie gegeven van de mogelijke implementaties van het terugkoppelnetwerk. De classificatie bevat varianten van de bekende Meacham oscillator, negatief teruggekoppelde versies van de Colpitts en Hartley oscillator en vele andere minder bekende oscillatoren. Hoe meer het terugkoppelnetwerk slechts niet-energetische elementen bevat, hoe hoger in theorie de oscillatorkwaliteit kan zijn. Het gebruik van transformatoren of van resonante stroom- of spanningsdeling in het terugkoppelnetwerk wordt daarom aanbevolen.

De berekening van de frekwentiestabiliteit van deze oscillatoren verloopt praktisch analoog aan die van de signaal-ruis verhouding in negatief teruggekoppelde versterkers. Na een transformatie van alle onafhankelijke ruisbronnen in de oscillator naar een equivalente ruisbron die optelt bij het gefilterde resonatorsignaal, kan het ingangssignaal van de versterker worden berekend zonder rekening te houden met de opbouw van de oscillator. In dit ingangssignaal bepaalt de verhouding tussen het totaal vermogen en het ruisvermogen op een zekere afstand van de oscillatorfrekwentie de stabiliteit. Door het niet-lineaire terugkoppelelement in deze ruisberekeningen te beschouwen als een tijdvariërend, lineair element, zijn transformatietechnieken die bekend zijn uit de ontwerptheorie voor versterkers ook toepasbaar bij het

ontwerpen van oscillatoren. Analyse laat zien dat voor een optimale stabiliteit zowel een ruis- als een vermogensaanpassing op de resonator nodig is.
Evenals in een negatief teruggekoppelde versterker stelt de beschikbare vermogensversterking een beperking aan de bereikbare oscillatorkwaliteit. Dit proefschrift geeft uitdrukkingen met behulp waarvan de statische frekwentiefout en de frekwentiestabiliteit kunnen worden berekend als functie van de versterkingen in de beide terugkoppellussen. Hoe hoger deze lusversterkingen zijn des te beter worden oscillatoreigenschappen vastgelegd door de nauwkeurige elementen in het terugkoppelnetwerk.

* * *

ELECTROMAGNETIC INVERSE PROFILING OF STRATIFIED MEDIA

Door M.C.S. Zeijlmans.
21 september 1989.
Promotor:
Prof.dr.ir. H. Blok.

In de theorie van de electromagnetische inverse profilering worden methoden beschreven om materiaaleigenschappen te bepalen van een object dat door een electromagnetische golf bestraald wordt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een of meer metingen van het verstrooide veld. Een kenmerk van inverse profileringsproblemen is dat zowel de stralingsbron als de velddetectoren buiten het object zijn geplaatst.

Toepassingen van de theorie van de electromagnetische inverse profilering vindt men onder andere in de volgende vakgebieden: in de civiele techniek bij detectie van begraven objecten; in de medische diagnostiek bij de diffractietomografie en in de geofysica bij onderzoek van de structuur van de aarde tussen boorgaten.

De in dit proefschrift gebruikte methode om inversieproblemen op te lossen berust op de toepassing van een optimaliseringsalgoritme. Bij een dergelijke methode wordt een modelobject ingevoerd waarvan het materiaalprofiel bekend is en afhangt van een aantal variabele profielparameters. Deze parameters worden zodanig bepaald dat de berekende veldwaarden buiten het modelobject zo veel mogelijk overeenkomen met de gemeten veldwaarden. Hierbij wordt een kwadratische foutfunctie geminimaliseerd. Gekozen is voor het Levenberg-Marquardt algoritme voor de minimalisering van kwadratische functies. Dit algoritme is een combinatie van de Gauss-Newton methode en de steepest-descent methode. Tijdens de eerste iteratiestappen van het minimaliseringsproces is de steepest-descent methode met zijn snelle convergentie het belangrijkst. Daarna, in een gebied rond de oplossing, komen de goede convergentie-eigenschappen van de Gauss-Newton methode naar voren. Met de zogenaamde Levenberg-Marquardt parameter kan men bepalen welke van de twee methoden (steepest of Gauss-Newton) de overhand heeft.

Tijdens elke iteratiestap van het Levenberg-Marquardt algoritme moet één stelsel lineaire vergelijkingen worden opgelost. Dit gebeurt met de methode van de 'singular value decomposition'.

In het Levenberg-Marquardt algoritme wordt gebruik gemaakt van afgeleiden van het veld naar de profielparameters van het modelobject. Voor een aantal belangrijke zend-ontvangsituaties worden deze afgeleiden bepaald met behulp van het electromagnetische reciprociteitstheorema in het tijd-Laplace getransformeerde gebied.

Verondersteld is dat de gemeten veldwaarden, die input data van het Levenberg-Marquardt algoritme zijn, een bepaalde fout hebben. Deze fout werkt door in de uiteindelijk te vinden optimale profielparameters. Hiervoor is een foutenanalyse gegeven die onder andere leidt tot twee criteria voor het beeindigen van het iteratieve proces. Een combinatie van deze criteria en het Levenberg-Marquardt schema resulteert in een volledig 3-D inversie algoritme. Er wordt aangetoond dat het zogenaamde Born-type iteratieve inversie algoritme kan worden opgevat als een slechts gedeeltelijk uitgevoerd Levenberg-Marquardt inversie algoritme. Bij het eerstgenoemde ontbreekt het voor convergentie essentiële mechanisme om de Levenberg-Marquardt parameter elke iteratiestap bij te stellen.

Numerieke resultaten zijn verkregen voor profielinversie van een inhomogeen, planair gelaagd medium en van een inhomogeen, cirkelcylindrisch gelaagd medium met als zender een dipoolantenne. In beide gevallen werden de onbekende permittiviteit en conductiviteit van het medium bepaald. De meetgegevens bestonden uit veldwaarden op verschillende plaatsen en bij verschillende zendfrequenties. De invloed van meetfouten en van de positie van de velddetectoren op het reconstrueren van het materiaalprofiel is apart onderzocht.

* * *

MEASURING AND MODELLING DISK I/O SUBSYSTEMS RECORDING

Door G.E. Houtekamer.
2 oktober 1989.
Promotoren:
Prof.ir. G.L. Reijns,
Prof.dr. J. Wessels.

Bij een computer denkt men meestal in de eerste plaats aan een reken-apparaat dat snel een groot aantal berekeningen kan uitvoeren. Een deel van de computers wordt inderdaad op die manier gebruikt. Veel belangrijker is de toepassing van computersystemen voor het beheren en muteren van grote bestanden. Voor die toepassingen is de opslag van grote hoeveelheden informatie, en de toegang tot die informatie, van groot belang.

In dit proefschrift wordt ingegaan op een aantal aspecten die met deze opslag te maken hebben, waarbij het accent ligt op het disk subsysteem van zogenaamde **mainframes** uit de System/370 Extended Architecture (370-XA). Dergelijke systemen worden veelal gebruikt voor het beheer van bestanden.

De afgelopen vijftien jaar hebben een zeer sterke snelheidsverbetering te zien gegeven voor de reken-eenheid van de computer, de processor. Voor de System/370 mainframes is dit circa een factor 100. Voor de disks is het niet mogelijk gebleken een snelheidsverbetering van meer dan een factor 10 te realiseren. Op dit moment kan een mainframe tot circa 100 miljoen instructies per seconde verwerken, terwijl een disk niet meer dan circa 50 I/O acties per seconde kan verwerken. Dit verschil, dat nog steeds groter wordt, heeft geleid tot onderzoek naar nieuwe I/O subsystemen.

Om te kunnen komen tot snellere I/O subsystemen is het noodzakelijk dat er een goed inzicht bestaat in de manier waarop het I/O subsysteem van een computer wordt belast door de gebruikers. In de literatuur is, vooral in termen van wachtrijmodellen, al vrij veel bekend over de performance aspecten van bepaalde I/O subsysteem configuraties. Er is echter relatief weinig aandacht besteed aan het beschrijven van de I/O werklast, en aan het daadwerkelijk verzamelen van werklastgegevens uit metingen.

De doelstellingen van hier beschreven onderzoek waren het verkrijgen van meer inzicht in de parameters die de I/O werklast beschrijven, het ontwerpen van een hulpmiddel waarmee de vereiste parameters verzameld kunnen worden, het opstellen van een model van bestaande

I/O subsysteem-configuraties en het voorstellen van mogelijke alternatieve configuraties.

Bij al deze aspecten heeft de relatie met de praktijk vooropgestaan: de te ontwikkelen methoden moesten in de praktijk bruikbaar zijn voor het evalueren van I/O subsysteem configuraties. Dat dit is gelukt moge blijken uit het feit dat het CCWANAL programma, dat is ontwikkeld voor de analyse van de I/O werklast en configuraties, wordt gebruikt door Memorex Telex om hun klanten te adviseren.

De opzet van dit proefschrift is als volgt. De hoofdstukken 1 tot en met 3 vormen de inleiding: ze definiëren de terminologie en het jargon, en schetsen de problematiek waaraan is gewerkt.

Hoofdstuk 4 geeft een methode om de disk-werklast te beschrijven op basis van meetgegevens uit het MVS (Multiple Virtual Storage) operating system voor 370-XA computersystemen. De meetgegevens zelf worden verzameld door een component van MVS, en bevatten de commando's waarmee de disks worden bestuurd.

De methode bestaat uit vier stappen. In eerste stap wordt voor ieder I/O verzoek op basis van de commando's een beschrijving gemaakt. In de tweede stap wordt een simulatie van de onderzochte I/O configuratie uitgevoerd met behulp van de beschrijvingen uit stap één. In de derde stap worden de resultaten van de vorige stappen statistisch geanalyseerd. In de vierde stap wordt een model gebruikt om vertragingen in het I/O subsysteem te schatten.

De kracht van de methode is dat het resultaat van de eerste stap vrijwel onafhankelijk is van de onderzochte I/O configuratie. Pas in de tweede stap worden configuratie gegevens toegevoegd. Hierdoor is het mogelijk om de metingen van een bepaalde configuratie te gebruiken voor het voorspellen van de prestatie van een andere configuratie, zonder dat deze daadwerkelijk wordt geïnstalleerd.

Hoofdstuk 5 beschrijft een model voor de vertragingen die optreden in een 370-XA disk subsysteem zonder buffering. Het gaat dan vooral om de vertraging als gevolg van gezamenlijk gebruik van de disk **controllers** door een aantal disks. Deze **RPS** en **pending** vertragingen zijn de belangrijkste beperkende factoren voor de prestatie van I/O subsystemen. Het model is gebaseerd op de veronderstelling dat het mogelijk is om de gemiddelde bezettingsgraad van alle controllers te berekenen aan de hand van de belasting van de disks, mits de configuratie voldoet aan bepaalde symmetrie eisen.

Hoofdstuk 6 beschrijft een aantal modellen voor algemener gevallen. Aan orde komen een model voor de **pending** tijd bij halfgeleider disks (**solid state devices**), een voorstel voor een **local disk controller** en diverse modellen voor systemen met buffers in de disk controllers (**cached controllers**). De analyse van het local disk controller systeem toont aan dat het met gebruik van buffering voor de transporten van data en commando's tussen de disks en de computer, het mogelijk is om een zeer aanzienlijk performance verbetering te realiseren. De beschrijving van de cached controllers richt zich met name op de bestaande IBM 3880 Model 23 en 3990 Model 3 controllers, waarvoor een gedetailleerd model wordt gepresenteerd.

Hoofdstuk 7 presenteert een model van de regelmechanismes voor geheugen toewijzing, zoals die in een MVS systeem gebruikt worden. De gehanteerde methode lijkt ook algemener bruikbaar om regelmechanismen in een operating systeem te modelleren. Een probleem met de gegeven methode is dat het moeilijk is om de benodigde parameters uit meetgegevens te bepalen. Ondanks de problemen met het verzamelen van de meetgegevens, blijkt het model wel bruikbaar om het gedrag van de regelmechanismen te onderzoeken.

Hoofdstuk 8 geeft tenslotte een samenvatting, en signaleert enige trends. De belangrijkste is zonder meer dat allerlei vormen van buffering steeds meer worden gebruikt om I/O acties te voorkomen.

* * *

SUBBAND CODING OF IMAGES

Door P.H. Westerink.
26 oktober 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. D.E. Boekee,
Prof.dr.ir. J. Biemond.

De behoefte aan zowel datacommunicatie als dataopslag groeit gestaag. De digitale beeldcommunicatie heeft toepassingen als beeldtelefoon, videovergaderen, digitale televisie en het verzenden van foto's over bijvoorbeeld telefoonverbindingen (zoals krantefoto's). Digitale opslagsystemen voor beelden betreffen bijvoorbeeld videorecording (zoals CD-video) of de opslag van medische beelden als röntgen-opnames. Deze twee toepassingsgebieden hebben de gezamenlijke probleemstelling om beelden of beeldsequenties zo efficiënt mogelijk over te zenden of op te slaan. Dit betekent dat zowel beeldcommunicatie- als beelopslagsystemen pogen om de hoeveelheid informatie te minimaliseren die nodig is om een beeld goed te representeren. Deze algemene probleemstelling behoort tot het gebied der beeldcodering. Dit proefschrift betreft de digitale codering van beelden ten behoeve van datacompressie. Meer specifiek zal de subbandcoderingstechniek worden besproken.

Subbandcodering is geïntroduceerd door Crochiere et.al. in 1976 voor spraak. Sindsdien is veel aandacht besteed aan de subbandcodering van spraak en het is gebleken dat dit een krachtige methode is voor de broncodering van spraak. Het basisprincipe van subbandcodering bestaat uit het opsplitsen van de frequentieband van het bronsignaal in subbanden, waarna elke subband gecodeerd wordt met een codering en bitsnelheid die nauwkeurig is aangepast aan de statistieken van de betreffende band. Voor de codering van spraak heeft dit principe twee voordelen. Ten eerste is de quantiseringsruis die gegenereerd is in een bepaalde subband slechts beperkt tot die ene subband en zal niet worden verspreid over andere subbanden. Op deze wijze wordt voorkomen dat een frequentie met een laag signaalniveau wordt gemaskeerd door de quentiseringsruis afkomstig uit een ander frequentiegebied. Ten tweede, door het dynamisch toewijzen van bits aan elke subband is het mogelijk om het ruisspectrum een vorm te geven die is aangepast aan de subjectieve ruisperceptie van het menselijke gehoor ("noise shaping").

Het probleem van het splitsen van een signaal in subbanden en het daarna weer reconstrueren wordt gewoonlijk beschouwd als een zuiver signaalverwerkingsprobleem. Er wordt geen rekening gehouden met de specifieke signaaleigenschappen en de aard van de toepassing. In feite komt dit er op neer dat fouten ten gevolge van de codering, transmissie en decodering worden verwaarloosd. In dat geval zijn de splitsings- en reconstructiefasen aaneengesloten en het ontwerp is gericht op perfekte of bijna perfekte reconstructie. Voor de splitsing van een één-dimensionaal signaal zoals spraak in twee subbanden is de "Quadrature Mirror Filter" (QMF) techniek geïntroduceerd door Croisier, Esteban and Galand. In deze techniek wordt het signaal gesplitst met behulp van "Finite Impulse Response" (FIR) filters, die relatief eenvoudig te ontwerpen en te implementeren zijn. In afwezigheid van coderingsfouten is de reconstructie bijna perfekt. Een overzicht van dit één-dimensionale geval voor twee subbanden wordt gegeven. In navolging van Vetterli wordt vervolgens de uitbreiding naar twee dimensies gemaakt, alwaar een twee-dimensionaal signaal in vier subbanden wordt gesplitst. Om in staat te zijn meer dan vier subbanden te verkrijgen, worden boomstructuren voor het splitsen in subbanden geïntroduceerd. De implementatie van de filterbanken en de daarvoor benodigde randwaarden wordt tevens besproken. Door gebruik te maken van symmetrische randwaarden wordt aangetoond dat coderingsfouten ten gevolge van sprongen in de intensiteitwaarden aan de randen van de subbanden

kunnen worden voorkomen.

De codering van de subbanden wordt gewoonlijk uitgevoerd voor elke subband apart. Het is echter mogelijk om de subbanden gezamelijk te coderen door een vector quantisator ("Vector Qauntizer", VQ) dwars over de subbanden te ontwerpen. Op deze wijze wordt het coderingsschema zeer eenvoudig en is er geen bittoewijsingsalgoritme nodig. Een theoretische analyse voor het geval van hoge bitsnelheden toont aan dat er dan een aanzienlijke winst te behalen is ten opzichte van het gebruik van scalaire quantisatoren voor elke subband. In de praktijk zijn de bitsnelheden echter juist laag en is de winst beduidend lager. Er wordt getoond, dat de resultaten van dit systeem van lage complexiteit vergelijkbaar zijn met andere bestaande beeldcoderingstechnieken, zoals de blok-DCT codering van beelden.

Een schema dat zich meer aanpast aan de wisselende beeldstatistieken is relatief eenvoudig te realiseren door de subbanden apart te coderen. Daartoe wordt eerst onderzocht welk splitsingsfilter het best toegepast kan worden en verscheidene opsplitsingen van de beeldfrequentieband worden besproken. Ten behoeve van een ontwerp van de codering voor elke subband worden de subbandstatistieken gemeten. Er wordt getoond dat de laagdoorlaat-subband efficiënt gecodeerd kan worden m.b.v. DPCM. De overige subbanden zijn praktisch ongecorreleerd en het is daarom voldoende om deze met een Lloyd-Max quantisator te coderen. Uit metingen van de histogrammen van de subbanden blijkt, dat de kansdichtheidsfunctie ("probability density function", pdf) waarop de quantisatoren moeten worden gebaseerd niet de Laplace kansdichtheidsfunctie is. In feiten zijn de histogrammen smaller en meer gepiekt. Daarom wordt de "Gegeneraliseerde Gaussische" kansdichtheidsfunctie geïntroduceerd, welke een vormparameter c bezit die de breedte van de functie bepaalt. Voor $c = 2.00$ wordt de functie de bekende Gaussische kansdichtheidsfunctie en $c = 1.00$ geeft de Laplace kansdichtheidsfunctie. Experimenten waarbij subbandhistogrammen gefit worden aan de Gegeneraliseerde Gaussische kansdichtheidsfunctie laten zien dat voor $c = 0.50$ de beste fit op de subbandhistogrammen wordt verkregen. Voor de predictiefout van de laagdoorlaat-subband is de waarde voor de vormparameter $c = 0.75$. Nadat de quantisatoren zijn ontworpen worden de kansen van optreden van de representatieniveaus in overweging genomen. Door de toepassing van variabele-lengte codering kan de prestatie van een subbandcodeerschema nog verder verbeterd worden.

Door aan te nemen dat de totale gemiddelde kwadratische fout ("meansquared error", MSE) gelijk is aan de som van de waarden van de MSE per subband, wordt een algoritme afgeleid dat de beschikbare bits optimaal over de subbanden verdeelt. In tegenstelling tot andere bestaande algoritmes wordt hier geen aanname gedaan van een hoge bitsnelheid en kan het algoritme bovendien worden toegepast in het geval van bitsnelheden die geen gehele getallen zijn. De uitbreiding naar kleurenbeelden laat zien dat dit adaptieve bittoewijzingsalgoritme vaak slechts een kwart van het totaal aantal beschikbare bits toewijst aan de subbanden van de chrominantie. De overige bits worden besteed aan de subbanden van de luminantie.

Resultaten van subbandcodering en vergelijkingen met andere coderingstechnieken laten zien dat subbandcodering de voorkeur verkrijgt in zowel objectieve als subjectieve zin. Het blijkt dat in het geval van subbandcodering een iets hogere reductie van de bitsnelheid te behalen valt, dan wanneer transformatiecodering wordt toegepast. Echter, de soort vervorming die optreedt bij subbandcodering komt veel natuurlijker over dan de blokeffekten die zich voordoen bij transformatiecodering en is daarom minder storend. Daarom wordt in subjectieve zin subbandcodering vaak geprefereerd over blok-transformatiecodering zoals de blok-DCT codering. Voorbeelden van subbandcodering van 512x512 kleurenbeelden laten zien, dat een hoge kwaliteit behaald kan worden bij slechts 0,8 bits per pixel.

Het filterontwerp en de codering van de subbanden worden in het algemeen gezien als twee afzonderlijke problemen. Echter, door de introduktie van een mathematisch model voor een Lloyd-Max quantisator is het mogelijk om de quantisatiefouten en de invloed daarvan op het filteren te analyseren. Door modellering van de quantisator met het "gain-plus-additive-noise" model kunnen vier verschillende typen fouten worden onderscheiden. Ten eerste kan de fout ten gevolge van het QMF ontwerp worden beschouwd. Dit type fout, welke ook in afwezigheid van quantiseringsfouten optreedt, kan echter worden verwaarloosd. De fout die gedefinieerd kan worden als de signaalfout blijkt de scherpte in de reconstructie te bepalen. Een "random" fout, ongecorreleerd met het originele beeld is verantwoordelijk voor de "modderige" aanblik van de reconstructie en is het meest zichtbaar in de omgeving van randen in het beeld of in vlakke (laag frequentie) gebieden. Een fout die de vouweffecten representeert blijkt verwaarloosbaar te zijn ten opzichte van de signaalfout en de random fout. Ten slotte kan worden geconcludeerd dat door toepassing van een spatiëel adaptief codeerschema zowel de signaalfout als de random fout kunnen worden verminderd en zodoende de prestatie van het subbandcoderingsschema kan worden verbeterd.

Tenslotte worden nog enkele speciale onderwerpen die betrekking hebben op subbandcodering uitgewerkt. Ten eerste blijkt subbandcodering zeer geschikt te zijn voor progressieve transmissie van beelden. Er wordt een subband coderingsschema ontworpen en voorbeelden van progressief overgezonden beelden worden gegeven. Aspecten als zij-informatie en display-afmetingen zullen worden besproken. Vervolgens zal een uitbreiding naar beeldsequenties worden gemaakt. Toepassingen hiervoor variëren van beeldtelefoon, videovergaderen tot digitale televisie. Ook voor deze nieuwe gebieden blijkt subbandcoderen een veelbelovende techniek te zijn. Met behulp van een ontwerp van een subbandcoderingsschema voor lage bitsnelheden zal worden laten zien, dat er in de gedecodeerde sequentie automatisch een afruil plaatsvindt tussen spatiële en temporele resolutie als funktie van de hoeveelheid beweging in de scène. Deze eigenschap is direct gerelateerd aan de karakteristieken van het menselijk visuele systeem. Tenslotte wordt de invloed van kanaalfouten op het subbandgecodeerde beeld onderzocht. Een schema waarin de fouten dynamisch worden beschermd zal worden ontworpen, waarbij de bits van de gecodeerde subbanden worden beschermd naar gelang hun belang voor de reconstructie.

* * *

SPARSE APPROXIMATIONS OF INVERSE MATRICES

Door H.W. Nelis.
30 oktober 1989.
Promotor:
Prof.dr.ir. P. Dewilde.

Het oplossen van een groot aantal problemen in de natuurwetenschappen en de techniek leidt uiteindelijk tot het inverteren van een positief definiete matrix. Wanneer deze matrix groot is (bijv. 10.000 x 10.000), zoals het geval kan zijn in modelleringsproblemen, is dit vrijwel onbegonnen werk. Om het aantal berekeningen te beperken, probeert men vaak eigenschappen van het oorspronkelijke, fysische probleem in rekening te brengen. In dit proefschrift leggen we structuur op aan de inverse van de matrix – we nemen aan dat hij benaderd kan worden door een ijle matrix (d.w.z. een matrix waarvan veel elementen gelijk aan nul zijn).

We laten zien hoe technieken uit de inverse verstrooiingstheorie zoals de Wiener-Hopf ontbinding en het Schur algoritme gebruikt kunnen worden om een optimale of suboptimale ijle benadering van de

inverse van een positief definiete matrix te bepalen. We gebruiken alleen elementen uit de oorspronkelijke matrix die overeenkomen met niet-nul elementen in de benadering. De algoritmen die voorgesteld worden hebben een complexiteit die evenredig is met het aantal niet-nul elementen.

Hoofdstuk 2 gaat over het bepalen van een optimale ijle benadering van de inverse van een positief definiete matrix. Eerst bekijken we het geval waar het ijlheidspatroon monotoon transitief is. We tonen aan dat de driehoeksfactoren van de inverse van de zogenaamde maximum entropie uitbreiding – we gebruiken de elementen uit de oorspronkelijke matrix die overeenkomen met niet-nul elementen in de benadering, en schatten de andere – optimale ijle benaderingen in de Frobenius norm zijn van de driehoeksfactoren van de inverse van de oorspronkelijke matrix. Wanneer het ijlheidspatroon willekeurig is gaat dit niet op, maar van alle matrices die een ijle inverse hebben ligt de maximum entropie uitbreiding het dichtst bij de oorspronkelijke matrix in de Kullback-Leibler maat.

Hoofdstuk 3 beschrijft een veralgemening van de Wiener-Hopf ontbindingstheorie naar het geval van algemene, positief definiete matrices met eindige dimensies die gespecificeerd zijn op een blok band. Deze theorie geeft het verband tussen de klassieke verstrooiingstheorie en de uitbreidingstheorie. Zij stelt ons in staat een globale oplossing van een veralgemeend invers verstrooiingsprobleem te construeren, dat gelijkwaardig blijkt te zijn aan het maximum entropie uitbreidingsprobleem. We bepalen de oplossing en daarmee de driehoeksfactoren van de inverse van de maximum entropie uitbreiding door een stelsel lineaire vergelijkingen op te lossen.

Hoofdstukken 4, 5 en 6 gaan over algoritmen voor het berekenen van de inverse van de maximum entropie uitbreiding. Wanneer het ijlheidspatroon een trapvorm heeft, gebruiken we het Schur algoritme om de driehoeksfactoren van deze matrix uit te rekenen. Het algoritme is bij uitstek geschikt om uitgevoerd te worden op een array processor van het systolische of golffront type. Voor algemene ijlheidspatronen zijn we aangewezen op iteratieve algoritmen. Omdat ze veel berekeningen en geheugen vergen, leiden we voor het belangrijke geval waar het ijlheidspatroon een meervoudige band is een algoritme af om een benadering van de inverse van de maximum entropie uitbreiding te bepalen. Het algoritme is gebaseerd op het Schur algoritme, en berekent de inverse van de maximum entropie uitbreiding van een matrix die dicht bij de oorspronkelijke ligt.

Hoofdstuk 7 behandelt een toepassing: het modelleren van parasitaire capaciteiten in grote geïntegreerde circuits. Hier blijkt de kracht van de methodes – we zijn in staat om een nauwkeurig model voor een systeem met een groot aantal geleiders te berekenen, terwijl men in de literatuur het modelleren van een systeem met slechts een paar geleiders al als een enorm probleem beschouwt.

* * *

AN APPROACH TO SYSTEMATIC PHASE-LOCK LOOP DESIGN
Door R.C. den Dulk.
16 november 1989.
Promotor:
Prof.dr.ir. R.H.J.M. Otten.

Een Phase-Lock Loop (PLL) is een samenstelsel van elektronische circuits die zodanig met elkaar samenwerken dat een regelsysteem ontstaat, waarin de fase informatie van een signaal wordt bewerkt. Omdat de tijdsafgeleide van de fase van een signaal wordt gedefinieerd als de frekwentie van een signaal, wordt ook de frekwentie van het signaal bewerkt.

PLL's worden gebruikt op uiteenlopende terreinen van de elektronica, zowel in de consumenten sector (audio, video) als in de professionele sector (telecommunicatie, computers, meetsystemen). De functie van een PLL is altijd die van het synchroniseren van twee grootheden. Dit geschiedt dan ten behoeve van de signaalverwerking, bijvoorbeeld demodulatie van de informatie die gemoduleerd is op een drager die met ruis is belast, of ten behoeve van de signaalopwekking, bijvoorbeeld het genereren van een aantal afstemfrekwenties (kanalen) in een radio- of televisieontvanger. Steeds is er bij phase-lock systemen sprake van een relatie tussen de fase van een inkomend signaal en de fase van een lokaal-opgewekt signaal.

De hoeveelheid literatuur op het gebied van PLL's is overweldigend; het gebied is zeer interessant voor mathematische analyses vanuit de regeltheorie, de communicatie-, modulatie-, en informatietheorie. Phaselock systemen werden altijd gebruikt door deskundigen, totdat echter de IC-techniek zijn intrede deed. Door het beschikbaar komen van geïntegreerde PLL circuits (PLL IC's), werden de toepassingen sterk uitgebreid. De ontwerpkennis heeft hiermee echter geen gelijke tred gehouden. Het ontwerpen van phase-lock systemen is ook altijd het werk geweest van experts, die vaak op een ogenschijnlijk ongestructureerde manier te werk gingen.

Een gestructureerde aanpak van het ontwerpen is de laatste decennia op een groot aantal terreinen noodzakelijk geworden. Voor elektronische systemen komt dit voort uit de toenemende hoeveelheid componenten (VLSI), de toenemende mate van interactie tussen die onderdelen en de hiermee samenhangende complexiteit. Bovendien worden steeds hogere eisen gesteld aan de kwaliteit van de elektronica.

Phase-lock systemen zijn in het algemeen niet complex in opbouw, maar wel in gedrag. Daarom is ook voor het ontwerpen van PLL's een gestructureerde ontwerpmethode noodzakelijk. Dan is het uiteindelijk mogelijk gedeelten van het ontwerptraject te automatiseren.

Analyse van het proces bij het ontwerpen op diverse terreinen heeft geleid tot een aanpak op basis van de topologie. De topologie van een systeem bestaat uit de plaats (topos) en de beredeneerbare (logische) verbindingen van de systeemonderdelen teneinde een specifieke functie te kunnen verrichten. Iedere ontwerper kiest op basis van zijn ervaring een samenstelling van het systeem, waarvan hij denkt dat het voldoet aan de eisen en gaat vervolgens dimensioneren en vormgeven. Dan blijkt dat de gekozen topologie voor het systeem al of niet voldoet en moet eventueel een herhaling van de procedure plaatsvinden.

In dit proefschrift wordt voor het ontwerpen van phase-lock systemen allereerst onderzocht wat de eigenschappen en beperkingen zijn van de bestaande PLL modellen die vrijwel altijd alleen voor analyse worden gebruikt. Voor de synthese-stap in het hier te behandelen ontwerpproces is het nodig deze kennis op een andere manier te ordenen dan gebruikelijk is. Vastgesteld is dat ontwerp informatie op hierarchische wijze kan worden verkregen als vanaf het begin een onderscheid wordt gemaakt tussen de lineaire en niet-lineaire eigenschappen van een PLL. Vanuit ontwerpstandpunt is dit duidelijk: Lineaire eigenschappen worden door de systeemontwerper gespecificeerd, terwijl de elektronische implementatie de niet-lineaire eigenschappen (o.a. werkgebieden, ruisgedrag) bepaalt.

Als de lineaire en niet-lineaire eigenschappen van de standaard "single loop PLL" niet tegelijkertijd kunnen worden bereikt, wordt de ontwerper met een probleem geconfronteerd. Dit verschijnsel heeft weliswaar ruime aandacht gekregen in de bestaande literatuur, maar er is vrijwel geen ordening aangebracht voor wat betreft ontwerpdoelen, zoals het kiezen van de eenvoudigste elektronische implementatie die kan voldoen aan de specificaties. Men kan zijn toevlucht nemen tot het modificeren van de lineaire eigenschappen teneinde de niet-lineaire eigenschappen aan te passen, of men kan een andere topologie kiezen door perifere circuits toe te passen, die bijvoorbeeld het in-lock komen

van de PLL vergemakkelijken. Voor dit keuzeprobleem van de ontwerper worden oplossingen aangedragen.

Nieuwe keuzemogelijkheden worden gepresenteerd in de vorm van nieuwe circuits. De ontwerper kan kiezen voor single-loop oplossingen, of voor multiple-detector oplossingen. Ook kan het digitaal implementeren in hardware of software een elegante oplossing vormen. Tenslotte wordt dit ingepast in het uiteindelijk, ogenschijnlijk nog veraf liggende doel in dit proefschrift: een voorstel voor een systematische ontwerpstrategie.

In hoofdstuk II wordt eerst de bestaande praktijk gevolgd die uitgaat van het eenvoudige lineaire model van de PLL. Uit de beschouwingen m.b.t. het lusfilter volgen bekende, specifieke dynamische eigenschappen van de verhouding: standaard uitgang/ingang. Ontdekt is dat de "high-gain" benadering voor 2 orde lussen met passief filter onvolledig is gespecificeerd in de literatuur. Tevens worden de grenzen van de dynamische eigenschappen in relatie tot de overdracht van de fasedetector en oscillator expliciet gemaakt en wordt het PLL-Frekwentie Model gepresenteerd.

Uit de beschouwingen van de ingang/uitgangsrelaties volgen bekende beperkingen voor de dynamische eigenschappen, die nader zijn vastgelegd voor het geval een variabele deler in de lus is opgenomen.

Het tweede gedeelte van hoofdstuk II behandelt de functie van de fasedetector. Vastgesteld wordt dat fasedetectie essentieel een niet-lineair proces is en dat dus een niet-lineair model nodig is om de werking van een PLL te beschrijven. Dit houdt in dat voor elke standaardvorm van niet-lineairiteit er grenzen zijn voor de werking. Ontwerp formules worden gegeven voor de werkgebieden van PLL's met standaard fasedetectoren die in PLL IC's worden toegepast.

In het derde gedeelte van hoofdstuk II wordt het tot dan toe gehanteerde onderscheid lineair en niet-lineair model uitgebreid. Voor de verschillende input/output relaties werkt de niet-linairiteit op een andere manier. Ook moet de invloed van de ruis voor een niet-lineair model tot uiting komen in een equivalente beperking van het werkgebied. Tevens komt het echte (AC & DC) uitgangssignaal van de fasedetector hier aan de orde.

De vraag: Hoe raakt een PLL uit lock door ruis?, wordt op een nieuwe manier behandeld. Verder wordt een compleet overzicht gepresenteerd voor de Carrier-to-Spurious Ratio (CSR) voor de standaard fasedetectoren uit PLL IC's. Tenslotte volgt een beschouwing over de beperkingen van de tot hier toe gevolgde werkwijze, speciaal m.b.t. het gevolg van het schakelen in sommige fasedetectoren.

In hoofdstuk III worden voorbeelden gegeven van circuits en configuraties die gebruikt kunnen worden om een combinatie van lineaire en niet-lineaire eigenschappen te bereiken, die met een standaard, enkele lus niet kunnen worden bereikt. De Sample-and-Hold (SH) schakeling en de Phase-and-Frequency Detector (PFD) met Charge-Pump (CP) worden beschreven als een verbetering van een standaard fasedetector voor een enkele lus. Gedeeltelijk is de nieuwe beschrijving van de werking van de PFD inmiddels algemeen geaccepteerd; helaas wordt in diverse boeken en "application notes" nog steeds een onjuiste en/of niet totale overdrachtskarakteristiek gegeven. Als een uitbreiding van de PFD wordt een nieuwe methode voor lockdetectie in een enkele lus gepresenteerd.

Onderzocht is wat de eigenschappen en beperkingen zijn van de topologie van Quadrature Loops. Gevonden is dat de speciale luseigenschappen kunnen worden gerealiseerd, mits de juiste signalen kunnen worden opgewekt. De consequenties van het niet precies in quadratuur zijn van de signalen, zijn buiten beschouwing gelaten.

Uit het eerste gedeelte van dit hoofdstuk kan als voorlopige conclusie worden gesteld dat, zowel bij de verbeteringen van de enkele lus, als bij de introductie van meervoudige detector lussen, de ontwerp compromissen blijven bestaan. Dit wordt veroorzaakt door de tegenstrijdige eisen voor de synchrone werking en bijvoorbeeld de spurious onderdrukking of de eisen voor de acquisitie tijd als ruis aanwezig is op het ingangssignaal.

Daarom worden in het volgende gedeelte van hoofdstuk III nieuwe configuraties gepresenteerd, die de ontwerper meer keuzevrijheid geven bij het dimensioneren. Vooral het onafhankelijk van elkaar kunnen dimensioneren van de lineaire- en de niet-lineaire luseigenschappen met behulp van zo eenvoudig mogelijke circuits staat centraal.

De Adaptive Phase Detector wordt gepresenteerd en de luseigenschappen worden onderzocht. Het blijkt dat met deze nieuwe fasedetector de acquisitie-eigenschappen vrijwel onafhankelijk van de tracking-eigenschappen kunnen worden gedimensioneerd. De circuitimplementatie vormt echter nog een probleem. Dit wordt opgelost door een circuitontwerp en realisatie van deze fasedetector in de vorm van twee onafhankelijke tellers met een begrenzingsnetwerk. De maximale frekwentie hiervan is echter beperkt. Een verbeterd circuit ontwerp en realisatie wordt gepresenteerd op basis van een ring structuur, die een maximale frekwentie toelaat die gelijk is aan de maximale frekwentie van de gebruikte sequentiële elementen. Het is echter gebleken dat het speciale circuitontwerp dat nodig is voor de introductie van deze nieuwe fasedetector een belemmering kan vormen voor de ontwerper van toepassingen. Daarom wordt een nieuwe methode voor snelle acquisitie gepresenteerd op basis van het realiseren van een pseudo-lineaire fasedetector karakteristiek met "oneindig" fase gebied. Deze methode kan worden toegepast bij standaard fase detectors.

De rate multiplier wordt gepresenteerd als een goede hulp bij het instellen van de frekwentie van een frekwentie-synthesizer. De afhankelijkheid van de spurious onderdrukking en de omschakelsnelheid onderling kan hiermee worden geëlimineerd, zoals wordt aangetoond voor het ontwerp van een "fractional-harmonic frequency synthesizer". Tevens zal later blijken dat de rate multiplier ook met vrucht kan worden toegepast als digital controlled oscillator voor "All-Digital PLL's".

Als ruis bij het ingangssignaal aanwezig is, moeten speciale maatregelen worden genomen om het tracking/acquisition ontwerp-compromis te benaderen. Als er ruis bij het ingangssignaal aanwezig is kan een PFD niet goed werken. Dit blijkt een eigenschap te zijn van de PFD en niet van de Charge-Pump. Bij het niet-lineaire model kwam het uit lock gaan door ruis aan de orde, nu wordt dit verder geanalyseerd met betrekking tot de detectie van een frekwentieverschil. Een ondergrens is gevonden voor de toepassing van frekwentie detectie in gecombineerde Frequency-and-Phase-Lock Loops (FPLL's) met optimale tracking en acquisitie eigenschappen. Een nieuwe vermenigvuldigende fasedetectie methode voor Charge-Pump PLL's wordt gepresenteerd, die gebruikt kan worden als er ruis aanwezig is. Tenslotte wordt verwezen naar artikelen die voorwaarden geven waaraan het digital design van phase-lock systemen moet voldoen.

In hoofdstuk IV wordt een aanzet gegeven voor het ontwerp van PLL's die volledig kunnen worden opgebouwd uit digitale circuits en/of volledig geïmplementeerd kunnen worden in software. In plaats van een karakterisering op basis van fase detectoren, is een onderscheid gemaakt naar het principe van digitaal stuurbare oscillatoren. Vastgesteld is dat een rate multiplier goede diensten kan bewijzen voor een nieuwe, volledig digitale implementatie van een PLL.

De implementatie van een geheel digitale nieuwe COSTAS PLL voor carrier-tracking en data-demodulatie wordt gepresenteerd. Tevens wordt een nieuwe implementatie van een digitale 2 orde PLL gegeven, die het ogelijk maakt, in tegenstelling tot de gebruikelijke hogere-orde lus configuraties, om het vanggebied onafhankelijk van de dynamische eigenschappen te dimensioneren.

Tenslotte wordt een aanzet gegeven voor een implementatie-onafhankelijk model voor digitale PLL's, dat de ontwerper in staat moet stellen te beslissen of een geheel digitale topologie tot zijn keuze

mogelijkheden behoort.

In hoofdstuk V wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken met betrekking tot het ontwerpen van PLL's. Aanvullende ontwerp informatie wordt afgeleid uit vragen en specificaties o.m. afkomstig uit een recent verschenen ontwerp-programma. De gebruikte benadering van de ontwerp procedures uit dit proefschrift wordt samengevat. Dit leidt tot de systematische en hierarchische ontwerp strategie voor de implementatie van systemen, waarin het phase-lock principe wordt gebruikt. Voorbeelden worden gegeven van gedeelten uit het ontwerp traject die door anderen in het verleden zijn gepresenteerd.

In hoofdstuk VI worden case studies gegeven over werk-gebieden van PLL's, verbeteringen op basis van cycle-slip detectie en op basis van rate multipliers. Voorts worden benaderingen gegeven voor het digitale ontwerp. Tot slot wordt een nieuwe phase detector gepresenteerd, die gebruikt kan worden voor een Charge-Pump PLL, die moet werken onder omstandigheden met ruis.

In hoofdstuk VII worden conclusies gegeven. De gevolgde benadering van het ontwerp probleem van PLL's, samen met de gepresenteerde nieuwe circuits, geeft een goed inzicht in de keuze problemen van de ontwerper en leidt naar een gestructureerde ontwerpmethode. De vragen die hierin gesteld moeten worden, zouden in een vervolg onderzoek kunnen leiden naar kennis-gestuurde programma's (expert-systems) voor de topologie keuze en naar reken programma's (spreadsheets) voor het dimensioneren van de gekozen topologie.

* * *

BOUNDS AND CONSTRUCTIONS FOR BINARY BLOCK CODES CORRECTING ASYMMETRIC OR UNIDIRECTIONAL ERRORS

Door J.H. Weber.
23 november 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. D.E. Boekee,
Prof.dr. C. de Vroedt.

Dit proefschrift handelt over foutenverbeterende codes voor betrouwbare verzending of opslag van gegevens in een communicatiesysteem dat gebruik maakt van een binair kanaal. De meeste klassen van codes zijn ontworpen met het oog op gebruik voor een symmetrisch kanaal, waarbij 0 → 1 overgangen met dezelfde waarschijnlijkheid optreden als 1 → 0 overgangen (**symmetrische fouten**). In bepaalde toepassingen, zoals optische communicatie, is de kans op een fout waarbij een 1 in een 0 overgaat echter beduidend groter dan de kans op een fout waarbij een 0 in een 1 overgaat. Dergelijke toepassingen kunnen gemodelleerd worden door middel van een asymmetrisch kanaal, waarbij alleen overgangen van het type 1 → 0 optreden (**asymmetrische fouten**). Verder gedragen sommige recent ontwikkelde geheugensystemen zich als een unidirectioneel kanaal, waarbij zowel 1 → 0 als 0 → 1 overgangen op kunnen treden, maar alle fouten van hetzelfde type zijn bij de verzending van een zeker codewoord (**unidirectionele fouten**).

Codes welke symmetrische fouten verbeteren zijn uitgebreid bestudeerd. Natuurlijk kunnen deze codes ook gebruikt worden om asymmetrische of unidirectionele fouten te verbeteren. Er mag echter verwacht worden dat er asymmetrisch of unidirectionele foutenverbeterende codes geconstrueerd kunnen worden welke met minder redundantie toekunnen dan vergelijkbare symmetrische foutenverbeterende codes. Het voornaamste doel van dit proefschrift is het verkrijgen van boven- en ondergrenzen voor de maximale cardinaliteit van codes ter lengte **n** welke **t** of minder asymmetrische of unidirectionele fouten verbeteren.

In Hoofdstuk 1 schetsen we het communicatiesysteem, geven we een korte inleiding in binaire blokcodes, en behandelen we de symmetrische, unidirectionele, en asymmetrische fouttypes. Verder leiden we algemene voorwaarden af voor de capaciteiten van blokcodes wat betreft de correctie en/of detectie van fouten, waarbij we de nadruk leggen op correctie van een enkel fouttype.

Bovengrenzen voor de maximale cardinaliteit van asymmetrische of unidirectionele foutenverbeterende codes worden behandeld in de Hoofdstukken 2, 3 en 4. Eerst geven we in Hoofdstuk 2 expliciete bovengrenzen welke gebaseerd zijn op het principe van bolstapeling of gebruik maken van bekende bovengrenzen voor de maximale cardinaliteit van symmetrische foutenverbeterende codes. Voor codes met een betrekkelijk kleine lengte wordt aangetoond dat deze grenzen scherp zijn. In deze gevallen is de maximale cardinaliteit dus precies bekend. Vervolgens behandelen we in Hoofdstuk 3 bovengrenzen welke verkregen kunnen worden door het oplossen van een geheeltallig programmeringsprobleem. In deze programmeringsproblemen wordt het totale aantal codewoorden in een code gemaximaliseerd onder bepaalde voorwaarden voor de gewichtsverdeling van de code. Vaak verbeteren deze geheeltallige programmeringsgrenzen de expliciete grenzen, maar ze zijn veel moeilijker te berekenen. Tenslotte verbeteren we de geheeltallige programmeringsgrens in een aantal specifieke gevallen door gebruik te maken van enkele combinatorische argumenten, welke moeilijk te generaliseren lijken.

Ondergrenzen voor de maximale cardinaliteit van asymmetrische of unidirectionele foutenverbeterende codes kunnen verkregen worden door het construeren van codes, hetgeen het onderwerp van de Hoofdstukken 5 en 6 is. In Hoofdstuk 5 presenteren we een methode waarbij codes welke **t** of minder asymmetrische of unidirectionele fouten verbeteren geconstrueerd worden door het schrappen en afbreken van codewoorden in een code welke **t** of minder symmetrische fouten verbetert. Algoritmes ter optimalisatie van de cardinaliteit van dergelijke codes en decodeeraspecten komen ook aan de orde. In Hoofdstuk 6 passen we deze methode en tevens enkele zogenaamde 'trial and error' technieken toe om goede codes ter lengte 23 of minder te krijgen welke tot en met 1, 2, 3 of 4 asymmetrische of unidirectionele fouten verbeteren.

Grenzen voor codes welke **lineair** zijn komen aan de orde in Hoofdstuk 7. Er wordt aangetoond dat elke lineaire code welke **t** of minder unidirectionele fouten verbetert ook **t** of minder symmetrische fouten verbetert. Daarom beschouwen we alleen lineaire symmetrische foutenverbeterende codes en lineaire asymmetrische foutenverbeterende codes. Wederom kan de maximale cardinaliteit exact bepaald worden wanneer de lengte betrekkelijk klein is. Voor correctie van enkele en dubbele fouten laten we zien dat de maximale cardinaliteit van een lineaire asymmetrische foutenverbeterende code de maximale cardinaliteit van een lineaire symmetrische foutenverbeterende code alleen overtreft voor een eindig aantal lengtes.

Wat betreft constructies leiden we voor alle even getallen **m** groter of gelijk aan 4 een klasse van lineaire codes ter lengte 2m af welke 2m-2-1 of minder asymmetrische fouten verbeteren en waarvan de cardinaliteit de grootste cardinaliteit van een vergelijkbare symmetrische foutenverbeterende code overtreft.

In de appendices geven we zowel tabellen met grenzen voor het maximale aantal codewoorden in een code ter lengte **n** welke **t** of minder symmetrische, unidirectionele, of asymmetrische fouten verbetert als tabellen met grenzen voor de maximale dimensie van een lineaire code ter lengte **n** welke **t** of minder symmetrische of asymmetrische fouten verbetert, in alle gevallen voor $1 \leq t \leq 4$ en $t \leq n \leq 23$.

* * *

AN ADAPTIVE TRACK PREDICTOR FOR SHIPS

Door P.O. Passenier.
28 november 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J. van Amerongen,
Prof.dr.ir. P.P.J. van den Bosch.

Dit proefschrift beschrijft het ontwerp van een baan predictor voor schepen. Het voornaamste doel van deze baanpredictor is om de navigator tijdens het manoeuvreren te assisteren in zijn anticiperende vermogens, en zodoende een veiliger navigatie te bereiken.

Het werk is gestart als een vervolg op eerder onderzoek naar baanpredictie op het Laboratorium voor Regeltechniek van de Technische Universiteit Delft. Tevens werd op het Laboratorium voor Regeltechniek een aanzienlijke vooruitgang geboekt op het toepassen van adapterend regelen op het automatisch sturen van schepen. De behaalde resultaten zijn voornamelijk vastgelegd in het werk van Van Amerongen (1982) en van Van der Klugt (1987).

Vanwege bepaalde ontwikkelingen in de richting van integratie van manoeuvreer- en navigatiesystemen in combinatie met een nauwkeurig plaatsbepalingssysteem, is voor de ontwikkeling van het baanpredictiesysteem tevens gekozen voor een geïntegreerde opzet met betrekking tot navigatieinformatie en de stuurautomaat.

Het ontwerp van de feitelijke baanpredictor is gebaseerd op een relatief eenvoudig wiskundig model, dat wordt aangepast aan de variërende omstandigheden, in plaats van een meer complex, niet-lineair model dat moeilijk is aan te passen.

Een geschikte methode voor het "on-line" identificeren en adapteren van de parameters van het predictiemodel en de verstoringen is bepaald door een structurele vergelijking van verschillende, bekende identificatiemethoden. Dit heeft geresulteerd in het toepassen van "extended-Kalman filtering" op het identificatie- en adaptatieprobleem. Hetzelfde concept blijkt ook toepasbaar te zijn op de koersregelaar, vergelijkbaar met de analogie tussen model referentie adapterend identificeren enerzijds en regelen anderzijds.

Voor wat betreft de presentatie van de predictieinformatie aan de navigator is gekozen voor een methode van directe superpositie van de voorspelde baan op een geïntegreerd manoeuvreer- en navigatiebeelscherm, zoals ontwikkeld door het TNO Instituut voor Zintuigfysiologie. De invoer van gebruikerscommando's voor de predictor kon worden gerealiseerd door een kleine uitbreiding van de stuurautomaatconsole. Het blijkt dat, volgens deze geïntegreerde aanpak, de baanpredictor aan de scheepsbrug kan worden toegevoegd als een logische functie tussen navigatie (route planning) en manoeuvreren (het feitelijk koersveranderen).

Naast experimenteren in een laboratoriumomgeving, voor het testen van de algoritmen voor predictie, identificatie en regeling, is met de experimentele baanpredictieopstelling een experiment uitgevoerd op de manoeuvreersimulator van het IZF-TNO in Soesterberg.

In dit experiment is de baanpredictor vergeleken met meer conventionele methoden van navigeren zoals "parallel indexen" en het gebruik van een grondsnelheidsvector. De met de baanpredictor behaalde nauwkeurigheid neemt in alle gevallen toe, maar de behaalde verbetering van de navigatieprestatie manifesteert zich vooral voor grote koersveranderingen. In dat geval wordt een reductie van de gemiddelde baanfout met 70% behaald, vergeleken met de conventionele condities.

* * *

INTEGRATED SILICON FLOW SENSORS
GEINTEGREERDE SILICIUM STROMINGSSENSOREN

Door B.W. van Oudheusden.
30 november 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. S. Middelhoek,
Prof.dr.ir. J.L. van Ingen,
Dr.ir. J.H. Huijsing.

Het doel van het in proefschrift beschreven onderzoek, is het realiseren en testen van een richtingsgevoelige stromingssensor, in de vorm van een in silicium geïntegreerd sensor IC. De werking van de sensor berust op een thermisch principe, en komt neer op het meten van temperatuurverschillen op het oppervlak van de sensor, die ontstaan door de ongelijkmatige afkoeling van het oppervlak door de stroming. Door het meten van temperatuurverschillen in twee richtingen loodrecht op elkaar is het mogelijk zowel de richting als de snelheid van de stroming te bepalen. Voor de elektronisch meting van de temperatuurverschillen wordt gebruik gemaakt van geïntegreerde thermozuilen. Deze componenten kunnen op eenvoudige wijze in een standaard IC-process worden gefabriceerd, en zijn vanuit meettechnisch oogpunt gezien zeer aantrekkelijk, aangezien hun werking berust op een zelfgenererend effect, waardoor geen electronische offset kan optreden.

Het eerste deel van het proefschrift bevat een introductie in het onderwerp, en bespreekt de verschillende deelproblemen, die aan het begin van het onderzoek geformuleerd zijn. Deze hangen samen met de aspecten van de verschillende transductiestappen, die respectievelijk gekarakteriseerd worden door een **mechanisch** (hoe verhoudt zich de stroming over de sensor tot de te meten stromingsgrootheid?), een **thermisch** (wat is de invloed van de stroming op het thermische gedrag van de sensor?) en een **electronisch** karakter (hoe kunnen de optredende temperatuurverschillen nauwkeurig gemeten worden?).

In Hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van het globale thermische gedrag van de sensor, en de diverse electronische componenten die gebruikt kunnen worden om de temperatuurverschillen op de sensor te kunnen meten (weerstandbrug, transistorpaar en thermozuil). Tevens wordt een aantal sensor-ontwerpen beschreven, die een dusdanige structuur bezitten dat ze geschikt zijn voor richtingsgevoelige stromingsmetingen. In het vierde hoofdstuk wordt het thermische gedrag in meer detail bestudeerd, aan de hand van een thermisch model, dat het thermische evenwicht in een sensorelement uitdrukt (met een partiële differentiaalvergelijking). Met behulp van analystische en numerieke oplossingen van dit model, is het mogelijk de invloed van de stroming op de temperatuur-verdeling in de sensor te bepalen, zowel v.w.b. de snelheid als de richting. Een relatief simpele configuratie voor de monatage van de sensoren is verkregen, door deze op de achterzijde van een dunne keramische drager te monteren. Op deze wijze blijft de thermische werking van de sensor gehandhaafd, terwijl de sensorchip zelf afgeschermd wordt van het stromingsmedium. Behalve de beschermende werking heeft deze configuratie tevens het voordeel dat op simpele wijze een vlak stromingsoppervlak gecreëerd wordt, terwijl standaard montage-methoden gebruikt kunnen worden. Wel heeft de aanwezigheid van de kermische drager een duidelijke invloed op met name de tijdsresponsie van de sensor (2 sec), die voornamelijk wordt bepaald door de traagheid van de herverdeling van warmte in het sensor oppervlak.

Aangezien de werking van de sensor als stromingsdetector wordt bepaald door de lokale stroming bij het oppervlak, is een aantal sensoren getest in een goed gedefinieerde grenslaagstroming, door de sensoren aan te brengen in het vlak van een van de wanden van een windtunnel meetplaats. Door de sensoren in hun vlak te roteren is het mogelijk een verandering van de stromingsrichting te simuleren over een totaal

bereik van 360°. De uitgangsspanning van de thermozuil is nauwkeurig te beschrijven als V = V0 cos ϕ, waarbij ϕ de hoek is tussen de stromingsvector en de lengteas van de thermozuil, en waarbij de amplitude V0 toeneemt met de stromingssnelheid (voor een laminaire grenslaag evenredig met de wortel uit de snelheid). Met twee identieke thermozuilen die zijn aangebracht in richtingen loodrecht op elkaar, is het mogelijk om uit de uitgangssignalen zowel de snelheid als de richting van de stroming te bepalen, waarbij het interessant is om op te merken dat de hoekbepaling kan geschieden onafhankelijk van de expliciete afhankelijkheid van de stromingssnelheid. Typische afwijkingen van het gemeten sensorgedrag t.o.v. het simpele theoretische model, gedragen ongeveer een graad in voorspelde stromingsrichting, en enkele procenten in stromingssnelheid (mede afhankelijk van de exacte opstelling).

In Hoofdstuk 6 wordt een toepassing van de twee-dimensionale stromingssensoren beschreven, nl. een electronische windmeter die werkt zonder bewegende delen. Hiertoe is een behuizing ontwikkeld, die als functie heeft om de stroming over de sensor te geleiden, en zo de gevoeligheid voor verticale windcomponenten te elimineren. Tevens werkt de behuizing als een afscherming voor de sensorchip, tegen bijvoorbeeld neerslag of direkte zonneschijn. Van de windmeter is een prototype gebouwd dat is getest in een windtunnel.

De hoofdmoot van het onderzoek heeft betrekking op sensoren die bestaan uit volledige, enkelvoudige IC's. In hoofdstuk 7 worden enige eerste resultaten beschreven van het onderzoek aan een sensor, waarin m.b.v. etstechnieken een thermische isolatiestruktuur is aangebracht (een zgn. **floating membrane**) ter verhoging van de gevoeligheid en responsiesnelheid.

* * *

OPTICAL PROPERTIES AND TRANSPORT PROPERTIES OF HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON

Door J.C. van den Heuvel.
11 december 1989.
Promotor:
Prof.dr. M. Kleefstra.

Gehydrogeneerd amorf silicium (a-Si:H) is een relatief nieuwe halfgeleider met verscheidene praktische toepassingen; het is tevens een interessant materiaal uit wetenschappelijk oogpunt. Gehydrogeneerd amorf silicium is een legering van silicium en waterstof atomen. De atomen bevinden zich op min of meer willekeurige plaatsen. Dit in tegenstelling tot kristallijn silicium, waar de silicium atomen geordend zijn volgens een regelmatig patroon, namelijk het kristalrooster. De praktische toepassingen van a-Si:H zijn voor een groot deel gebaseerd op de mogelijkheid om dunne lagen van a-Si:H op een verscheidenheid van goedkope substraten aan te brengen en de mogelijkheid om grote oppervlakken te bedekken. Echter, de elektrische eigenschappen zijn minder goed dan die van kristallijn silicium, en veel onderzoek is gericht op het verbeteren van de elektrische eigenschappen.

In dit proefschrift worden de optische eigenschappen en de transport eigenschappen van a-Si:H bestudeerd. Deze eigenschappen zijn sterk verbonden met de werking van a-Si:H zonnecellen, aangezien de licht absorptie en het transport van de gegenereerde elektronen en gaten het rendement van de zonnecel bepalen. De optische eigenschappen worden onderzocht in hoofdstuk 3 na de algemene inleiding in hoofdstuk 1, en de beschrijving van de vervaardiging van de lagen en de structuren van a-Si:H in hoofdstuk 2. De transport eigenschappen worden onderzocht in de hoofdstukken 4 en 5. Het onderzoek in dit proefschrift is gericht op het uitbreiden van het begrip van het materiaal in samenhang met de praktische toepassing van a-Si:H in zonnecellen.

In hoofdstuk 3 worden de optische eigenschappen van intrinsieke lagen van a-Si:H bestudeerd. De reflectie van licht en de transmissie van licht van deze lagen werden gemeten, en deze metingen werden gebruikt om de optische bandafstand en de brekingsindex te bepalen. Een model voor de inbouw van waterstof in de a-Si:H laag wordt geïntroduceerd om de relaties tussen de waterstof concentraties in de laag, de brekingsindex, en de optische bandafstand te beschrijven. Deze theoretische relaties komen overeen met onze experimentele resultaten en de experimentele resultaten van andere onderzoeks groepen.

Reflectie en transmissie metingen werden ook gebruikt om de inhomogeniteit van microkristallijn silicium te onderzoeken. Microkristallijn silicium (μc-Si:H) bestaat uit microkristallen met een diameter van ongeveer 100 Å omringd door a-Si:H. Dit materiaal (μc-Si:H) kan gebruikt worden voor de eerste laag in een zonnecel vanwege de lage licht absorptie en de hoge geleidbaarheid. De eerste 200 Å van een μc-Si:H laag blijkt amorf te zijn. Deze dunne tussenlaag moet vermeden worden om zonnecellen met een hoog rendement te vervaardigen.

De diffusielengte van a-Si:H wordt onderzocht in hoofdstuk 4. Deze difussielengte is de gemiddelde afstand die een gegenereerd gat aflegt voordat deze recombineert met een elektron. De diffusie lengte van a-Si:H werd gemeten met de **Surgace Photovoltage** (1) (SPV) techniek. Er wordt getoond dat de term "diffusielengte" misleidend is aangezien de driftstroom van de gaten van dezelfde orde van grootte is als de diffusiestroom van de gaten. Deze driftstroom van de gaten vergroot de diffusielengte met een fator $\sqrt{2}$.

De SPV techniek werd gebruikt om de invloed te bepalen van de tinoxide laag op de kwaliteit van de a-Si:H laag die bovenop de tinoxide laag werd aangebracht. Een tinoxide laag wordt gebruikt als een transparante en sterk geleidende onderlaag in zonnecellen om de genereerde stroom naar de kontakten te leiden. De tin atomen van de tinoxide laag blijken in de a-Si:H laag te diffunderen. Echter, stroomspanning metingen en SPV metingen laten geen degradatie van de a-Si:H laag zien als gevolg van deze tin diffusie.

In hoofdstuk 5 wordt de **Space Charge Limited Current** (2) (SCLC) methode onderzocht. Deze SCLC methode wordt gebruikt om de toestandsdichtheid tussen de valentie en geleidingsband van a-Si:H te bepalen. De invloed van hoge elektrische velden, bekend als het Poole-Frenkel effect, op de gemeten toestandsdichtheid werd onderzocht. Er wordt aangetoond dat hoge elektrische velden de SCLC metingen niet beïnvloeden. Dit resultaat is een bevestiging voor de theoretische modellen voor de toestandsdichtheid in a-Si:H.

De toestandsdichtheid die wordt verkregen met de SCLC methode is afhankelijk van de temperatuur, terwijl de toestandsdichtheid van a-Si:H als onafhankelijk van de temperatuur wordt beschouwd.

Er wordt aangetoond dat de temperatuur afhankelijkheid veroorzaakt wordt door de **tail** toestanden bij de rand van de geleidingsband, en niet door een verandering in de toestandsdichtheid.

(1) = Door licht gegenereerde spanning aan het oppervlak.

(2) = De door ruimtelading begrensde stroom.

* * *

NONDESTRUCTIVE ONE- AND TWO-DIMENSIONAL DOPING PROFILING BY INVERSE METHODS

Door G.J.L. Ouwerling.
12 december 1989.
Promotor:
Prof.dr. M. Kleefstra.

Voor de karakterisatie van halfgeleiderelementen is het belangrijk de verdeling van de doteringsatomen in het halfgeleider materiaal – het doteringsprofiel – te kennen. De elektrische eigenschappen van een halfgeleiderelement worden grotendeels door het doteringsprofiel bepaald; voorts verschaft kennis van het profiel een contrôle op het fabricage proces.

Elektrische metingen zijn een aantrekkelijke manier om op nietdestructieve wijze het doteringsprofiel te ver-krijgen. Zowel capaciteits-spanningsmetingen (CV-metingen) als kanaalgeleidingsmetingen zijn voor dit doel geschikt. Helaas zijn aan de nauwkeurigheid en aan het toepassingsgebied van elektrische metingen beperkingen gesteld door de eigenschappen van de klassieke methoden voor de interpretatie van de meetgegevens, zoals de CV-formules van Schottky. De belangrijkste beperkingen zijn

* het gebruik van de abrupte depletiebenadering;
* de differentiatie van meetgegevens en dus gevoeligheid voor ruis;
* de bepaling van het doteringsprofiel als functie van slechts één ruimtelijke coördinaat.

Om aan deze beperkingen te ontkomen worden in dit proefschrift twee verwante methoden voor de interpretatie van elektrische meetgegevens voorgesteld en toegepast. Deze methoden zijn afgeleid door de doteringsprofielbepaling te beschouwen als een **invers probleem**; overeenkomsten met inverse problemen uit de geofysica en de biofysica zijn dan snel gevonden. Beide numerieke methoden zijn gebaseerd op de minimalisering van het verschil tussen gemeten en berekende elektrische karakteristieken van het halfgeleiderelement in termen van een kleinste kwadraten fout.

De eerste methode gebruikt een geparametriseerd model van het doteringsprofiel in het halfgeleiderelement. Dit model kan een analytische uitdrukking zijn, maar in principe ook een numerieke processimulator. Uitgaande van het geparametriseerde profiel simuleert een computermodel van het halfgeleiderelement de elektrische meting. Hierbij kan volstaan worden met het oplossen van de Poissonvergelijking. De kleinste kwadraten fout wordt dan geminimaliseerd door de iteratieve aanpassing van de parameters met behulp van een niet-lineaire optimaliserings methode.

De tweede methode omvat de iteratieve oplossing van een specifiek lineair kleinste kwadraten stelsel, dat wordt opgesteld met behulp van de interne toestand van het halfgeleiderelement. Om deze interne toestand te beschrijven wordt de **differentiële depletie** gedefinieerd: de differentiële verhouding tussen ladingsdichtheid en doteringsconcentratie. Voor deze tweede methode wordt het doteringsprofiel gerepresenteerd op een geometrisch, één- of twee-dimensionaal rooster.

Beide methoden zijn met succes toegepast op echte en synthetische metingen aan één en twee-dimensionale halfgeleiderelementen. Voor de twee-dimensionale metingen worden twee teststructuren voorgesteld, die beide zijn geïnspireerd door het begraven kanaal ladingsgekoppeld halfgeleiderelement (charge-coupled device): de "Trimos" structuur, die met MOS overgangen wordt aangestuurd, en de JCCD structuur, die met **pn** overgangen wordt bedreven. Het laatste element is ook gefabriceerd; aan het eerste is een studie verricht met behulp van synthetische meetgegevens. Het voordeel van synthetische meetgegevens is dat het op eenvoudige wijze mogelijk is de juistheid van de interpretatie van de meetgegevens aan te tonen en de methode op foutgevoeligheid te onderzoeken; aan de andere kant bewijst het gebruik van echte meetgegevens de praktische haalbaarheid van de methode.

Om betrouwbaar twee-dimensionale profielen te kunnen bepalen moeten de elektrische metingen gedaan worden als een functie van tenminste twee onafhankelijke gevarieerde spanningen. Dit betekent dat voor het twee-dimensionale geval meer metingen nodig zijn.

De methode met niet-lineaire parameter bepaling is het meest algemeen toepasbaar omdat het mogelijk is gelijktijdig ook andere parameters van het halfgeleiderelement, zoals de MOS oxide-dikte of de flat band spanning te bepalen; ook kunnen alle beschikbare relevante meetgegevens worden gebruikt. Zo kunnen het doteringsprofiel en de beweeglijkheid van meerderheidsladingsdragers gelijktijdig bepaald worden door de combinatie van capaciteits en geleidingsmetingen. Daarnaast behoeft deze methode gewoonlijk minder voorwaartse simulaties van de meting en is daarom goedkoper in computergebruik. Als echter een onjuist geparametriseerd model van het doteringsprofiel wordt gebruikt zijn de resultaten niet bruikbaar.

De iteratieve kleinste kwadraten methode kan daarentegen elk doteringsprofiel reconstrueren dat redelijkerwijze op het doteringsrooster kan worden voorgesteld, mits alle andere parameters van het element bekend zijn.

* * *

HIGH-SPEED AND HIGH-RESOLUTION ANALOG-TO-DIGITAL AND DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

Door R.J. van de Plassche.
18 december 1989.
Promotor:
Prof.dr.ir. J. Davidse.

Analoog naar digitaal en digitaal naar analoog omzetters zijn belangrijke bouwstenen welke de verbinding vormen tussen de analoge wereld van transducers en de digitale wereld van rekenen, informatie opslag en gegevens verwerken. In hoofdstuk twee worden de converters als onderdeel van een systeem besproken. Eisen worden gedefinieerd welke gesteld moeten worden aan signaal filtering alvorens de signalen aan een A/D omzetter mogen worden toegevoerd of in geval van een D/A omzetting voor het wegfilteren van de door bemonstering verkregen meestal niet gewenste repeterende spectra ter voorkoming van overbelasting van de erna volgende versterkers. In hoofdstuk drie worden de specificaties welke moeten worden gesteld aan converters besproken. Over het algemeen kan gezegd worden dat de zeer laagfrequente en gelijkspannigs karakteristieken reeds lang bekend zijn en ook goed gemeten kunnen worden. Bij toepassingen in het gebied van audio en video signalen dienen er extra dynamische specificaties te worden opgesteld. De signaal-ruis plus vervormings verhouding en de **Effectieve Resolutie Bandbreedte** welke in dit hoofdstuk worden gebruikt geven een zeer goede karakterisatie van converters in voornoemde gebieden. Hoofdstuk vier behandelt meetopstellingen en meetmethodes van converters en bemonster en houd schakelingen. In hoofdstuk vijf worden snelle A/D omzetters volgens een vouw en interpolatie systeem besproken. Ten opzichte van de bekende parallelle omzetter worden bepaalde gedeelten van het circuit herhaalde malen gebruikt. Dit resulteert in een veel efficienter gebruik van circuits, opgenomen vermogen en chip oppervlak. Verder is het met een dergelijk relatief klein systeem beter mogelijk de zeer kleine tijdverschillen welke een signaal mag ondergaan bij transmissie door de verschillende circuit delen te handhaven totdat een definitieve **een** of **nul** beslissing wordt genomen. Drie variaties op het vouw thema worden besproken met voor en nadelen.

In hoofdstuk zes wordt een theoretisch behandeling gegeven van de variatie in vertragingen welke een signaal ondervindt dat wordt versterkt door een niet lineaire versterker schakeling. Alle snelle omzetters bevatten dergelijke schakelingen. Het gevolg van deze variatie in vertraging is dat een aangeboden sinusvormig ingangssignaal wordt vervormd hetgeen als derde harmonische vervorming aan de uitgang kenbaar wordt. Een ontwerp criterium wordt gegeven welke het verband tussen de derde harmonische komponent en de minimaal benodigde bandbreedte van de versterker/comparator trappen aangeeft. De grens wordt in dit geval bereikt indien de derde harmonisch komponent bij hoge analoge ingangsfrequenties gelijk wordt aan een halve kleinste bit waarde.

Hoofdstuk zeven beschrijft hoge resolutie D/A en A/D omzetters. Voor het verkrijgen van de hoge weegnauwkeurigheid van de binair gewogen stromen wordt een speciaal systeem gebruikt. Dit systeem **"Dynamic Element Matching"** genoemd, kombineert een zo nauwkeurig mogelijke passieve stroomdeling met een omwissel systeem. Het gevolg van deze bewerking is dat de eind nauwkeurigheid wordt bepaald door het product van de individuele nauwkeurigheden. Aangezien tijd zeer nauwkeurig is op te delen kan een zeer hoge eind nauwkeurigheid worden bereikt. Deze nauwkeurigheid is ruim voldoende voor 16 en 18 bits systemen.

De bemonster en houdschakeling wordt in hoofdstuk acht beschreven. Een dergelijke schakeling is een sleutel element bij hoge resolutie A/D conversie volgens het **"Successive Approximation"** principe. Daartoe dient een monster van het ingangssignaal te worden genomen welke wordt vastgehouden op de monster waarde gedurende de omzetting naar een digitale uitgangs grootheid. Voor digitale audio en video systemen zijn deze schakeling in geintegreerde vorm maar zeer beperkt aanwezig.

Tot slot volgt in hoofdstuk negen nog een korte behandeling van de benodigde referentie stroombronnen welke een belangrijk onderdeel vormen van een converter. Alhoewel reeds vele schakelingen voor spannings referenties welke de bandafstand van silicium gebruiken bekend zijn, is een uitvoeringsvorm welke met een minimaal aantal weerstanden een referentie stroom geeft minder bekend. Een tweede uitvoeringsvorm van deze bron maakt het mogelijk een tweede orde temperatuur compensatie te verkrijgen terwijl door het vergrootten van de temperatuur afhankelijke spanning het ruisgedrag verbeterd wordt. Hoofdstuk tien bevat de belangrijkste conclusies.

* * *

SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTERS IN ZnO-SiO2-Si LAYERED STRUCTURES

Door J.H. Visser.
19 december 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. S. Middelhoek,
Dr.ir. A. Venema.

Het onderzoek dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd gaat over het ontwerp en de technologie van akoestische oppervlaktegolf (SAW) filters in ZnO-SiO2-Si gelaagde structuren. De eigenschappen van akoestische oppervlakte-golfpropagatie en -transductie met betrekking tot dispersie, hogere-orde Rayleigh-golf modi en fabricagetoleranties in de dikte van de piezoelektrische laag zijn bestudeerd. Bovendien zijn de voorwaarden voor akoestische oppervlaktegolfversterking door de interactie van de akoestische golf met driftende ladingsdragers in het silicium substraat onderzocht. De monolithische integratie van deze SAW filters met elektronische schakelingen op één enkele 'chip' en de fabricage van interdigitale patronen met elektrodebreedtes tot 200 nm zijn succesvol gerealiseerd. Experimentele resultaten van SAW vertragingslijnen, SAW transversale filters en SAW resonator filters worden gegeven. Toepassing van silicium-geintegreerde SAW filters in een FM upconversie radio-ontvanger (op één enkele 'chip') wordt besproken.

HOOFDSTUK 1. Een kort overzicht van de propagatie en transductie eigenschappen van akoestische oppervlaktegolven op homogene substraten wordt gegeven op de twee basis SAW filtertypen, te weten het SAW transversaal filter en het SAW resonator filter, worden geïntroduceerd. Silicium-geintegreerde SAW filters zijn devices met een lage ruis en een hoog intermodulatie-vrij dynamisch bereik. Ze zijn daarom uitstekend geschikt om 'on-chip' frequentie-selectiviteit in een elektronisch systeem te verkrijgen. Het ontwerp van SAW filters in ZnO-SiO2-Si gelaagde structuren wordt in twee delen gesplitst. Het eerste deel omvat de bepaling van de laagdikten en de plaats van de interdigitale transducent. In het tweede deel wordt het ontwerp van het metalen interdigitale patroon bepaald. Dit laatste deel van het ontwerp wordt in dit proefschrift niet in detail behandeld omdat alleen eerste-orde modellen voor het SAW filterontwerp zijn gebruikt. Deze modellen zijn reeds goed bekend en identiek aan de modellen die voor SAW filterontwerp op monokristallijne piezoelektrische substraten worden gebruikt.

HOOFDSTUK 2. De gelaagde structuur voor silicium-geintegreerde SAW filters wordt met betrekking tot akoestische golfpropagatie en -transductie onderzocht. Er wordt aangetoond dat een monokristallijne benadering van de gesputterde ZnO laag resulteert in waarden van de fasesnelheid die tot 10% te hoog kunnen zijn en waarden voor de piezoelektrische koppeling die tot 20% te hoog kunnen zijn. Voor ZnO en AlN worden de fase- en groepssnelheid en de piezoelektrische koppeling gegeven als functie van **wh**, en **w** de radiale frequentie en **h** de laagdikte. De numerieke resultaten worden verkregen bij een constante verhouding van de piezoelektrische en dielektrische laagdikten. De figuren kunnen daarom gebruikt worden om de dispersie in akoestische golfpropagatie in de gelaagde structuur te bepalen. Bovendien wordt de invloed op de fasesnelheid van laagdiktevariatie in de piezoelektrische laag (als gevolg van fabricagetoleraties) gegeven. In vergelijking met de ZnO-SiO2-Si gelaagde structuur heeft de AlN-SiO2-Si gelaagde structuur meer dispersie, een lagere piezoelektrische koppeling, een hoger fase- en groepssnelheid en de ligging van de centrale frequentie is gevoeliger voor laagdiktevariatie van de piezoelektrische laag. Het enige voordeel van AlN is de mogelijke afwezigheid van hogere-orde Rayleigh-golf modi.

HOOFDSTUK 3. Het akoestische oppervlaktegolf versterkingsmechanisme wordt, om toegepast te kunnen worden in SAW filters en SAW oscillatoren, bestudeerd. Versterking is mogelijk door de interactie tussen de akoestische golf en de driftende ladingsdragers in het silicium substraat. Op deze wijze kan er niet alleen versterking worden verkregen, maar tevens een onderdrukking van 'triple transit' echo's, hogere-orde Rayleigh-golf modi en volumegolven. Allereerst wordt een ééndimensionaal model gegeven om het SAW versterkingsmechanisme te begrijpen, vervolgens wordt een perturbatie methode, gebaseerd op de continuiteit van de effectieve permittiviteit op het ZnO-SiO2 grensvlak, besproken. Een nieuwe benadering voor de effectieve permittiviteit van een piezoelektrische laag wordt gegeven en de fasesnelheden en versterking/verzwakking worden berekend met fouten, respectievelijk kleiner dan 0.1% en 0.5%. De numerieke resultaten tonen de invloed van de frequentie, de geleidingen van het silicium substraat en van de epitaxiale laag, de driftsnelheid van de ladingsdragers (ten opzicht van de SAW fasesnelheid), de genormaliseerde laagdikten (van de ZnO, SiO2 en epitaxiale laag), de mate van depletie van de epitaxiale laag en de diffusie van de ladingspakketjes.

HOOFDSTUK 4. De technologie om silicium-geintegreerde SAW devices te maken wordt besproken. Een inventarisatie van interdigitaal patroonfabricage wordt gegeven. Een hoge-resolutie aluminium etstechnologie gebaseerd op elektronenstraal lithografie, droog etsen van het dubbellaags resistmasker in een lagedruk O2-plasma en het etsen van de aluminium laag in een SiC4-plasma zijn ontwikkeld om de elektrodebreedte en -vorm precies in de hand te hebben. Elektrodebreedtes tot 200 nm zijn gefabriceerd. Bovendien is er een monolithische integratie van elektronische schakelingen en SAW devices op één 'chip' gerealiseerd in een gewijzigde versie van het Delftse BIFET proces. Aandacht wordt besteed aan ZnO-depositie (door DC magnetron sputteren) en -passivatie.

HOOFDSTUK 5. Experimentele resultaten van SAW vertragingslijnen, SAW transversale filters en SAW resonator filters worden in dit hoofdstuk gegeven. Een nieuwe configuratie om de elektromagnetische overspraak in silicium-geintegreerde SAW devices te onderdrukken wordt gepresenteerd. Een 10-15 dB extra onderdrukking wordt met deze methode experimenteel behaald. Voor een optimale signaaloverdracht moeten de ingangs- en uitgangstransducenten kortgesloten zijn voor het signaal. Daarom moet het device worden gestuurd met een spanningsbron en belast met een kortsluiting. De kortsluitstroom is het uitgangssignaal en de overdrachtsfunctie is dan in wezen een transconductantie. Ruis- en intermodulatiemetingen tonen een uitstekende prestatie vergeleken met die van de elektronische schakelingen.

HOOFDSTUK 6. De prestatie van silicium-geintegreerde SAW filters wordt samengevat en mogelijke toepassingen van deze filters worden besproken. Als een voorbeeld van het gebruik van silicium-geintegreerde SAW filters wordt de FM upconversie radio-ontvanger met 'on-chip' SAW filters in meer detail besproken. Het SAW device bepaalt in grote mate de totale oppervlakte van de 'chip' voor deze ontvanger. De prestatie wordt hoofdzakelijk beperkt door de versterker aan de ingang.

* * *

FUNDAMENTAL ASPECTS AND DESIGN OF AN FM UPCONVERSION RECEIVER FRONT-END WITH ON-CHIP SAW FILTERS

Door P.T.M. van Zeijl.
27 februari 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J. Davidse,
Dr.ir. E.H. Nordholt.

In dit proefschrift worden de resultaten van en studie betreffende de fundamentele aspecten en het ontwerp van een FM upconversie ontvanger front-end met geïntegreerde akoestische oppervlakte-golf filters (SAW filters) besproken.

In hoofdstuk 1 zijn verscheidene architecturen voor FM ontvangers besproken. De conclusie is dat een upconversie-ontvanger, met de middenfrequentie en de lokale oscillator frequentie hoger dan de hoogste frequentie van het ontvangen signaal, het meest geschikt is voor de realisatie van een geïntegreerd ontvanger front-end. Bovendien is de realisatie van geïntegreerde SAW-filters essentieel om problemen ten gevolge van overspraak te vermijden.

In hoofdstuk 2 is de modellering van de geïntegreerde SAW vertragingslijnen en transversale filters uitgevoerd vanuit het standpunt van de systeem en circuit ontwerper. Een spannings gestuurd en kortgesloten SAW device waarbij de kortsluitstroom als uitgangssignaal gebruikt wordt, vertoont de optimale signaal overdracht. In het geval van een transversaal SAW filter wordt de ruis gegenereerd door de (akoestische) afsluitingen van de transmissielijn. In het geval van de SAW resonator genereert de serieweerstand ruis.

De amplitude- en fase-karakteristiek van transversale SAW filters kunnen onafhankelijk van elkaar worden ontworpen. Dit in tegenstelling tot resonatoren waarbij de fase-karakteristiek van het filter direct gekoppeld is aan de amplitude-karakteristiek van het filter. De lengte van een transversaal SAW filter is omgekeerd evenredig met de (absolute) bandbreedte. Een gerealiseerde testchip met een aantal SAW vertragingslijnen, een transimpedantie versterker en een bipolaire mengschakeling toont de haalbaarheid van de in silicium geïntegreerde SAW devices aan.

In hoofdstuk 3 is het gedrag van de dipool en de monopool antenne besproken. De antenne-impedantie vertoont serie- en parallelresonanties die elkaar afwisselen. De antenne-impedantie kan bij de eerste serieresonantie-frequentie worden gemodelleerd door een serieresonant circuit. Metingen tonen aan dat de antenne-impedantie varieert ten gevolge van veranderingen in de antenne-omgeving. De overdracht van de elektromagnetische veldsterkte naar de open klemspanning van de antenne neemt slechts weinig toe bij toenemende frequentie. Daarom mag worden geconcludeerd dat de spiegelonderdrukking van de upconversie-ontvanger niet significant in gevaar wordt gebracht.

In hoofdstuk 4 worden verschillende aspecten van het FM front-end besproken. De problemen die worden veroorzaakt door de tweede-orde Rayleigh-golf mode, zoals die aanwezig is in een SW device in een ZnO-SiO2-Si structuur, kunnen worden geminimaliseerd door een juiste keuze van de middenfrequentie. Een simpel LC-filter dat extern op de chip wordt aangesloten geeft de beste onderdrukking van alle ongewenste responsies terwijl nog steeds een gevoeligheid van 1 μV kan worden bereikt. In deze situatie is een versterker met twee terugkoppellussen noodzakelijk om, zonder extra ruis toe te voegen, de juiste filter-overdrachtsfunctie te realiseren, onafhankelijk van de antenne impedantie.

Een transversaal SAW filter, dat als middenfrequent filter wordt gebruikt, geeft de beste ontvangerspecificaties. Dit vereist echter wel een lange chip. De modellen die voor de SAW devices zijn ontwikkeld, worden gebruikt om van de diverse middenfrequent filters de effectieve ruisspanning en het dynamische bereik te berekenen en te vergelijken. Voor een gewenste minimale effectieve ruisspanning of maximaal dynamisch bereik kan, bij een gegeven voedingsstroom en IC proces, de breedte van het SAW device worden bepaald.

In hoofdstuk 5 is een nieuwe klasse van versterkers met twee tegenkoppellussen beschreven. In deze versterkers zijn de gewoonlijk in de bekende twee-lussen versterkers optredende nadelen, zoals een hoge ruisbijdrage, hoge vervorming of ongeschiktheid voor integratie, omzeild. Om deze nieuwe twee-lussen versterkers te realiseren worden gebalanceerde versterkerstructuren met impedantie-terugkoppelnetwerken gebruikt. De common-mode stabiliteit wordt verzekerd door de keuze van de juiste versterkerconfiguratie bij een gegeven commonmode bron- of belastingsimpedantie. Het ontwerp van één van deze nieuwe versterkers tezamen met de metingen die aan een geïntegreerde versie zijn verricht, laten de specificaties zien die met een dergelijke versterker haalbaar zijn. Deze versterker is bruikbaar als ingangsversterker in het FM front-end.

Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de resultaten van het verrichten onderzoek samengevat. Tevens zijn enige aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

* * *

ELECTROMAGNETIC INVERSE SCATTERING OF BURIED OBJECTS

Door J.M. de Laat.
18 januari 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. H. Blok.

Het algemene inverse verstrooiingsprobleem betreft de identificatie van voorwerpen in een bepaalde configuratie door middel van hun verstrooiende eigenschappen. Om dit probleem op te kunnen lossen, is het noodzakelijk dat men weet wat identificatie is en hoe het tot stand komt, moet men beschikken over data die representatief zijn voor de verstrooiende eigenschappen van voorwerpen, en moet men weten hoe het eerste tot stand kan worden gebracht vanuit het laatste. Deze drie zaken staan centraal in dit proefschrift. Echter, door de complexiteit van het probleem zullen alleen de elementaire aspecten worden besproken.

Allereerst wordt getoond waarom identificatie centraal staat bij inverse problemen en wordt aangegeven hoe de filosofie een bijdrage zou kunnen leveren aan het oplossen ervan. Aangezien er binnen de filosofie vele, elkaar uitsluitende posities bestaan, worden enkele fundamenteel verschillende benaderingen besproken,om van daaruit de verschillende consequenties te tonen die deze benadering hebben voor inverse verstrooiing.

Aangezien het belangrijkste doel van dit proefschrift is het bespreken van het inverse verstrooiingsprobleem, en niet het evalueren van verschillende methoden uit de verstrooiingstheorie, wordt voor een bepaalde methode gekozen, waarbij een gedetailleerde discussie over de nauwkeurigheid en toepasbaarheid daarvan buiten het bestek van dit proefschrift valt. Om het verstrooiingsprobleem te formuleren wordt gebruik gemaakt van de integraal-vergelijkingsformulering. Daarbij wordt de momentenmethode gebruikt om de vergelijkingen te discretiseren zodat numerieke berekeningen kunnen worden gedaan. Aangenomen wordt, dat het objekt is ingebed in een stuksgewijs-homogeen gelaagd medium, zodat de beschrijving essentieel moeilijker is dan voor het geval het objekt zou zijn ingebed in de vrije ruimte. Het voorwaartse probleem bestaat uit het bepalen van het totale (elektromagnetische) veld in termen van de karakteristieke eigenschappen van een configuratie van een bron en een objekt. Dit probleem wordt geanalyseerd voor drie specifieke configuraties: allereerst wordt een stroom-lijnbron beschouwd die een willekeurig cylindrisch objekt belicht; vervolgens een stroom-puntbron die een begrensd objekt belicht' en tenslotte een stroom-puntbron die een willekeurig cylindrisch objekt belicht. Het verstrooiende objekt wordt beschouwd als een lokale verstoring van een stuksgewijs-homogene inbedding. Het wordt aangenomen dat deze verstoring kan worden gerepresenteerd door equivalente elektrische en magnetische contrastbronnen.

Om tot uitdrukkingen te komen die deze verstrooiingsproblemen beschrijven, wordt gebruikt gemaakt van de integraal-vergelijkingsformulering. In de domein-integraalvergelijkingen die worden afgeleid, komen zogenaamde Greense tensoren voor, die de gelaagde structuur van het medium in rekening brengen. Deze Greense tensoren worden afgeleid voor de één-, twee- en drie-dimensionale situaties.

Als aanloop naar de oplossing van het algemene inverse verstrooingsprobleem, wordt het probleem beschouwd in meer praktische dimensies. Hiertoe wordt een mathematisch model geïntroduceerd voor het verstrooiende object in termen van bekende ontwikkelingsfuncties met onbekende parameters, die moeten worden bepaald. Daarmee wordt het (specifieke) inverse verstrooiingsprobleem opgevat als een data-fitting probleem, waarbij het de bedoeling is om data ten gevolge van onbekende parameters in een of ander model te fitten aan een set gemeten data. Hoewel enkele methoden voor dit doel bestaat die tot op zekere hoogte toepasbaar lijken te zijn, wordt in dit proefschrift een nieuwe methode geïntroduceerd, genaamd de "modified false position method". De plaats van deze methode met betrekking tot andere numerieke methoden wordt aangegeven. Dit gebeurt door het bespreken van drie inversieprocedures die ten doel hebben onbekende parameters te bepalen vanuit vergelijkingen en bekende data. De eerste procedure begint met het substitueren van de bekende data in de vergelijkingen en tracht vervolgens deze vergelijkingen te inverteren. In het algemeen zijn de vergelijkingen niet direct inverteerbaar en daarom moeten deze eerst worden benaderd, op welke wijze dan ook. Met behulp van de parameters die worden gevonden uit de inversie van de benaderde vergelijkingen wordt getracht tot verbeterde benaderingen van de oorspronkelijke vergelijkingen te komen, welke echter nog wel inverteerbaar zijn. Door het herhalen van deze procedure ontstaat een iteratief proces.

De tweede procedure streeft naar het fitten van data ten gevolge van een set parameters aan de bekende data, waarbij de vergelijkingen worden gedifferentieerd naar de onbekende parameters. Dit kan op een aantal manieren worden uitgevoerd. Achtereenvolgens worden op systematische wijze Newton's methode, de (geconjugeerde) gradiëntenmethode en de Levenberg-Marquardt methode besproken, waarvan de laatste een optimale combinatie van de eerste twee voorstelt.

De derde procedure is analoog aan de tweede, doch in plaats van het gebruik van differentiaties naar de onbekende parameters, wordt gebruik gemaakt van differenties in deze parameters. De resulterende methoden kunnen dan ook worden opgevat als de discrete tegenhangers van de voorgenoemde. Achtereenvolgens worden geïntroduceerd de "false position method" (of **regula falsi**) als discrete tegenhanger van Newton's methode, de discrete gradiëntenmethode, en de "modified false position method" als discrete tegenhanger van de Levenberg-Marquardt methode.

Vervolgens wordt aangegeven hoe deze verschillende methoden kunnen worden toegepast op inverse problemen. Voor dat geval zijn de te bepalen parameters karakteristiek voor een voorwerp in een bepaalde configuratie. Deze parameters zijn door middel van integraalrepresentaties aan de veldgrootheden gerelateerd. Voor het toepassen van de eerste van de zojuist besproken procedures worden de gemeten waarden van de veldgrootheden in de integraalrepresentaties gesubstitueerd. In de resulterende vergelijkingen wordt de zogenaamde Bornbenadering toegepast, van waaruit (iteratief) wordt getracht de onbekende parameters te bepalen.

Bij het toepassen van de tweede procedure spelen niet alleen de integraalrepresentaties van de veldgrootheden een rol, maar ook integraalrepresentaties van de veldgrootheden gedifferentieerd naar de onbekende (configuratie) parameters; deze worden gepresenteerd.

Voor het toepassen van de derde procedure is het voldoende te beschikken over integraalrepresentaties van de veldgrootheden als funktie van de onbekende (configuratie) parameters. Ook dit wordt getoond.

Numerieke resultaten worden gepresenteerd voor een twee-dimensionaal probleem, waarin een electrische stroom-lijnbron een begraven, willekeurig cylindrisch objekt belicht. Voor deze configuratie zullen twee specifieke types van inverse problemen worden besproken. Het eerste wordt het localisatie-probleem genoemd, en betreft de bepaling van de plaats van het objekt met een bekende oriëntatie en materiële constitutie. In dit probleem zijn er twee onbekende parameters, namelijk de horizontale en vertikale coördinaten van de plaats van het objekt. Deze zullen worden berekend vanuit metingen van de elektrische veldsterkte op twee locaties van de ontvanger, bij slechts één waarde van de frequentie. Deze metingen worden gesimuleerd met zogenaamde synthetische data, welke worden verkregen door het oplossen van het voorwaartse probleem, waarbij de echte waarden van de

parameters in de uitdrukkingen zijn gesubstitueerd. Het tweede specifieke type van inversie-problemen wordt het constitutie-probleem genoemd, en betreft de bepaling van de materiële constitutie van een objekt met een bekende positie. Het wordt daarbij ook aangenomen dat de geometrie van het objekt bekend is, waarmee het probleem overgaat in het bepalen van de constitutieve parameters in de verschillende homogene subdomeinen van het objekt. Voor dit probleem is er een set van onbekende parameters, welke wordt bepaald vanuit metingen van de elektrische veldsterkte op een aantal locaties van de ontvanger, voor een aantal frequenties.

* * *

MOTION VIDEO CODING FOR VISUAL TELEPHONY

Door R.H.J.M. Plompen.
25 januari 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. D.E. Boekee.

In the years to come visual communication will bring about important changes in the way we communicate. It will enable us to make better use of our cognitive abilities to digest information by means of images.

Non-verbal communication adds an extra emotional dimension to communication between two or more people. It can help people break out of their isolation more easily. For example, visual communication makes it easier for people with hearing difficulties to communicate with each other at a distance. The elderly will be able to retain their independence longer by using an audiovisual terminal to contact a care centre for help with matters such as filling in forms.

Audiovisual communication means more direct and efficient consultation, enabling business users to make savings on project costs. Automobile manufacturers have already used it to make major savings at the design stage of new models. Documentation services could use the medium to store pictures. It could also be used to register visitors, to record objects and to maintain surveillance on buildings.

The videophone – a telephone service combining sound and moving pictures – is an audiovisual service which requires a low channel capacity but which can still represent flowing movements despite the fact that the original visual information is reduced by a factor ranging from 500 to 2.400.

The standard videophone has only the basic requirements for users, i.e. sound and moving pictures, plus controls and indication facilities. However, it is possible to enhance the basic model at a later stage with special requirements to meet the need for specific users applications. The transfer of high-quality still pictures and interactive aids such as cursor control are two such examples. The videophone can also help the handicapped to retain their independence for a longer time.

Once we have a broader channel we shall be able to handle violent motion more successfully since the reduction factor will not need to be as large. It will be possible to code and decode the pictures of more people. We are now talking in terms of video conferencing, where it is possible to use other facilities such as facsimile, the transfer of high-quality still pictures and 7 kHz audio using the G.722 standard. The universal coding method laid down in CCITT standard H.261 makes intercommunication between videophone and video conferencing possible. This compatibility is important for the success fo the audiovisual service.

The new teleservice will make it possible to make maximum use of the flexibility of ISDN (2B + D). The customer will be able to choose between a 1B solution where sound, data and picture are transmitted in one channel, a 2B solution, where the first channel is used for sound combined with data and the second channel for pictures (58.4 kbit/s) and lastly, a 2B+ solution where the 2B channels are regarded as one 128 kbit/s channel with 112 kbit/s for video. The latter mode could be a strong competitor of videoconferencing which uses an H0 channel for 384 kbit/s or an H1 channel with 2 Mbit/s.

Definition of the modes is followed by definition of the service. A videophone reference model is defined that is divided into a man-machine interface, terminal controller, codec (audio and video), network interface and possibly a personal computer. The latter component is optional and is intended to facilitate integration with telematics services.

The services and applications having been described, chapter 2 deals with source material, standard conversion and aspects of rate distortion theory. Attention also focuses on the spectra of moving images, and an explanation is provided of various forms of degradation that can occur if sampling requirements are not satisfied, with colour photographs showing typical examples.

Chapter 3 deals with the mathematical background of transformation, where the energy of the signal is conserved in the form of low-frequency components. Zone and threshold coding are used to illustrate the behaviour of the coefficients. A number of photographs show the behaviour of coefficients in the case of a rotation.

The problems with inverse DCT implementation accuracy, which is known as mismatch, are analyzed and a comparison is made in the CCITT reference codec between Discrete Cosine transformation and the Walsh Hadamard transformation which is easier to implement. The simulation shows that no significant difference is observable with the CCITT reference model, which is the configuration used. The series of photographs enables the reader to verify this for himself. A method which makes it possible to analyze the transformation coefficients is introduced. The method facilitates the simple optimalisation of bit allocation algorithms. It is also possible to analyze the influence of different filtering techniques on the pattern of coefficients.

Chapter 4 deals with quantization and statistics of coefficients. The development of an efficient coding sequence is studied and a final choice of coding sequence given. The entropy coding in a closed loop situation is evaluated and reference is made to the code words used in the simulations with CCITT Reference Model 8. Chapter 4 also makes a connection with control engineering to explain how the buffer control mechanism works in the closed loop situation. Chapter 7 provides a detailed analysis of buffer control.

In order to reduce the prediction error it may be an advantage to use a displacement estimator. Chapter 7 gives the basic principles of the estimator and then moves on to blockmatching displacement algorithms. The influence of the search environment, image frequency and dependence on source material is investigated. Ways in which the quality improvement of displacement algorithms deteriorates as motion increases are also examined. The analysis of the consistency of the vector field is studied with reference to source material generated with a priori known translation speeds.

A displacement estimator in the transform domain is also introduced. With this method, transformation needs to take place only once. Further processing is restricted entirely to the transform domain, and implicit filtering can be used by frequency weighting. The number of calculations involved with this method can be reduced by filtering the input image. In theory, the number of coefficients that have to be included in the calculation is now reduced. The influence on the quality of the estimate is evaluated.

The source material must be dealt with in order to switch from the local TV broadcasting system (PAL) to CIF. The effect of filtering on the source encoder is analyzed and the influence of the various types of filter are given. References to the literature may be of further help to the reader in designing a filter for his application. The displacement

estimator introduces high frequency information for which no prediction is possible and these frequency components can only be removed by adequate filtering. The positions of the filters and the type of filters are evaluated in the configuration. A filter to suppress noise, a contour preserving filter and different adaptation rules are tested in the closed loop situation of the configuration. The colour photographs make it possible to assess instantaneous exposures of the various implementations.

It is possible to improve the picture quality by carrying out important final processing on the reception side. This depends on the coding process and does not need to be standardised. Side information transmitted from the encoder is used to give the final processing filter its adaptability. Several colour photographs are included as examples of the final processing filter.

Chapter 7 deals with the structure of the codec, focussing on the CCITT H.261 video encoding standard. The chapter makes references to various CCITT SG XV/WP1 documents. The buffer control does not need to be standardised, and evaluation of the various hardware prototypes shows differences as a result. One preserves spatial resolution while the other goes for temporal resolution. The behaviour of the buffer control is the overriding factor that determines the quality of the total configuration. A simple model can be used to explain the control function of the codec. A recommendation is given but implementation of the actual procedure cannot be described as it is selected by the manufacturers.

Chapter 8 deals with transmission and the structure of a 64 kbit/s channel. The H.221 standard recommended by CCITT has an important contribution to make here. Error sensitivity is reduced by using a FEC. Two block codes are compared and references made to the theory. A hardware prototype is used to insert errors and the behaviour of the FEC is investigated. Examples of typical degradation are given. To incorporate more knowledge in the system, an example of a knowledge-based quantification method is provided. Here an analysis which precedes the coding process is used. Chapter 9 gives several conclusions and recommendations concerning the introduction of audiovisual services.

The appendices deal with aspects relating to the standards, including those which are relevant to the introduction of the audiovisual services. A questionnaire worked out in ETSI NA3.2 is attached to give some idea of the activities carried out in Europe.

The source material and the names of the people who produced it are mentioned in appendix D. Several examples of SPRIMS and the C-program with which the IDCT could be calculated are provided in appendix E. The statistics of the coefficients are given with the VLC tables in appendix F. A number of displacement estimators are described in appendix G. Appendix H states the source material used for quality evaluation and Appendix I gives the statistics for adjusting the final processing filter.

* * *

MEDICAL DECISION SUPPORT
AN APPROACH IN THE DOMAIN OF BRACHIAL PLEXUS INJURIES

Door R.B.M. Jaspers.
1 februari 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. H.G. Stassen,
Prof.dr.ir. E. Backer.

Modellen vormen de basis van medische beslissings-ondersteunende systemen. De toepasbaarheid van een systeem wordt bepaald door de kwaliteit van het model waarop het is gebaseerd. Dit is in de eerste plaats afhankelijk van de 'kennis' in het model, en niet van de manier waarop deze kennis is gerepresenteerd. Voor het ontwikkelen van deze modellen zijn twee methoden beschikbaar: Een kennis gebaseerde methode, en een gegevens-gebaseerde methode. Elk van deze methoden heeft zijn voor- en nadelen. Gegevens-gebaseerde methoden zijn vooral geschikt voor het ontwikkelen van dynamische procesmodellen in domeinen waar slechts weinig a-priori kennis beschikbaar is. Gegegevens-gebaseerde modellen kunnen dan worden gebruikt voor het extraheren van nieuwe domeinkennis uit gegevens van het proces. Kennis-gebaseerde methoden zijn daarentegen meer geschikt voor het modelleren en verbreiden van reeds bestaande kennis van statische of quasi-statische processen. Deze methoden leiden dikwijls tot niet-numerieke modellen. Dit maakt ze minder geschikt voor problemen waarvoor numeriek advies noodzakelijk is, zoals bijvoorbeeld in het beschrijven van de dynamica van de toestand van een patiënt. Ook voor wat betreft acceptatie door gebruikers zijn kennis-gebaseerde en gegevensgebaseerde systemen verschillend. De te modelleren medische processen zijn doorgaans zeer complex. Dit maakt het noodzakelijk te kiezen voor een black-box modelstruktuur voor gegevens-gebaseerde systemen, hetgeen leidt tot ondoorzichtige modellen. kennis-gebaseerde methoden kunnen daarentegen tot zeer doorzichtige modellen leiden.

Ten gevolge van deze complementaire eigenschappen, ligt voor complexe problemen betreffende medische beslissings-ondersteuning het kombineren van gegevens-gebaseerde en kennis-gebaseerde modellen voor de hand. In hoofdstuk 8 is een globale methodiek gepresenteerd voor het ontwikkelen van dergelijke hybride systemen.

In dit onderzoek is gepoogd een dergelijk systeem te ontwikkelen in het domein van plexus brachialis letsels. In hoofdstuk 2 is de noodzaak van beslissings-ondersteuning in dit domein aangetoond. Daarnaast is gewezen op het belang van een formele evaluatie van behandelmethoden van deze letsels, vanwege het gebrek aan objectieve kennis op dit gebied. Voor advisering omtrent diagnose en behandeling is gekozen voor kennis-gebaseerde systemen. Voor prognose van deze letsels is gekozen voor een gegevens-gebaseerd systeem. Het onderzoek met betrekking tot de kennis-gebaseerde systemen heeft het belang aangetoond van een grondige studie teneinde de struktuur van het domein bloot te leggen. Deze domein struktuur biedt een goede richtlijn voor het struktureren van de kennis in het systeem. Tevens bleek het voor het verkrijgen van inzichtelijke modellen van belang te kiezen voor het expliciet representeren van onzekerheid, in plaats van het gebruik van 'ad-hoc' numerieke methoden als de certainty-factor methode of de Dempster-Shafer theorie en dergelijke. Teneinde het ontwikkeltraject beheersbaar te houden is het van belang het model te baseren op diepe kennis. Teneinde een voldoende efficient systeem te verkrijgen is het echter noodzakelijk om voldoende oppervlakkige kennis toe te voegen.

Er is een kennissysteem ontwikkeld dat uit twee modellen bestaat: Een model voor het localiseren van plexus brachialis letsels, en een model voor het bepalen van de ernst van het letsel en het vaststellen van een behandelplan. Ieder model bestaat uit ten minste drie taak-modules, die tezamen de strategie van heuristische classificatie vormen: 'data abstraction', 'heuristic match' en 'refinement'. In het localisatie-model is deze strategie gebaseerd op de 'classification of evidence', die een taak-specifieke inferentiestructuur vormt voor de 'heuristic match' taak. Na de 'heuristic match' blijft een beperkte verzameling hypothesen over. In de 'refinement' taak wordt hieruit met behulp van een heuristische hypothese-test methode gebaseerd op het A^*-algoritme de minimale oplossing gezocht.

De 'heuristic match' taak is gebaseerd op oppervlakkige kennis die wordt gebruikt om de zoekruimte in te perken. Daarentegen is de 'refinement' taak gebaseerd op diepe kennis. De resulterende taak-specifieke strategie vertoont veel overeenkomst met die van een menselijke

expert.

De resultaten met betrekking tot inzichtelijkheid en efficiency van het systeem tonen aan dat de kombinatie van oppervlakkige en diepe kennis een goede methode is. De kwaliteit van het advies van het systeem blijkt op het nivo van een menselijke expert te zijn. Hoewel werd verwacht dat kennisrepresentatie slechts van secundair belang is, bleek de rule-based shell Delfi2+ toch te leiden tot sub-optimale modellen voor wat betreft de inzichtelijkheid. Dientengevolge is dezelfde oppervlakkige kennis gerepresenteerd in een semantisch net van objecten en relaties in Delfi3. Op taak-nivo leverde dit dezelfde modellen op als de implementatie in Delfi2+. Op implementatienivo kon het systeem echter meer modulair en meer inzichtelijk worden opgebouwd. De efficiency van deze implementatie is niet onderzocht.

De gegevens-gebaseerde methode voor het modelleren van de prognose van plexus brachialis letsels heeft teleurstellende resultaten opgeleverd (hoofdstuk 7). De noodzaak grote hoeveelheden gegevens te verzamelen vormt een grote barrière voor de toepasbaarheid van deze methode in medische domeinen. Mogelijk kan dit probleem worden opgelost door de introductie van medische informatiesystemen. Ten behoeve van gegevensacquisitie van de behandeling van plexus brachialis letsels, is in het kennissysteem een database-faciliteit ingebouwd.

* * *

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN IMAGE UNDERSTANDING SYSTEM: DADS

Door X.S. Cheng.
29 maart 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. E. Backer,
Dr.ir. J.J. Gerbrands.

Beeldinterpretatie per computer is een proces om vanuit ruwe digitale beelden te komen tot een symbolische beschrijving van de door de beelden voorgestelde scène. Het is, bijvoorbeeld, zelfs voor een onervaren kind eenvoudig om de aanwezigheid van een huis op een gewoon beeldscherm te constateren. Toch zal een ervaren volwassene in verwarring raken wanneer hem gevraagd wordt expliciet te maken *waarom* juist dat gedeelte van het beeldscherm een huis voorstelt. Bovendien zal hij nog meer in verwarring gebracht worden wanneer dat specifieke gedeelte van het beeldscherm zodanig is vergroot dat alle betrokken beeldpunten afzonderlijk zichtbaar zijn. Een dergelijk vergrote versie is precies wat een computer tot zijn beschikking heeft en is het voor ons noodzakelijk om op een of andere wijze het waarom hierbij in een programma vast te leggen voor de computer als wij de computer willen vragen om zo'n huis in het beeld te herkennen. Beeldinterpretatie per computer betreft in wezen twee extreem moeilijke vraagstukken. Het ene is hoe ons redeneringsproces met betrekking tot het visuele waarnemen op logische wijze beschreven kan worden. Een voorbeeld hiervan is hoe een bepaalde combinatie van een dak, muren, ramen en deuren de aanwezigheid van een huis suggereert. Het andere vraagstuk is het combineren van enerzijds primitieve begrippen die een menselijke waarnemer gewend is te gebruiken en anderzijds numerieke grootheden die een computer weet te hanteren. Bijvoorbeeld, welke combinatie van discrete punten representeert een lijnsegment?

In het eerste deel van dit proefschrift wordt een algemeen systeemontwerp genaamd het Distributed and Anomaly-Driven System (DADS) voorgesteld teneinde een algemeen beeldinterpretatiesysteem op te bouwen. Binnen dit raamwerk worden twee belangrijke begrippen geïntroduceerd, namelijk, de begrippen **context-hierarchie** en **anomalie**. Door middel van de context-hierarchie kan het interpretatieproces rondom een specifiek probleem beschreven worden via tussenliggende meta-objekten. De reden om zo iets te doen om het rationele gedeelte van ons denken bij een waarnemingsproces maximaal te kunnen exploiteren en wel zodanig dat de bijbehorende werkwijze zowel vriendelijk is voor menselijke gebruikers als hanteerbaar voor computer. Zoals eerder opgemerkt, zijn het logische beschrijven van een redeneringsproces bij het visuele waarnemen en het numerieke karakteriseren van een waarnemingsprimitieve geenszins eenvoudige zaken, zelfs voor een tamelijk beperkt probleem. Vaagheid en onvolledigheid zijn hierbij onontkoombaar. Dikwijls worden zulke vaagheden en onvolledigheden pas geconstateerd nadat men geprobeerd heeft om het beeld te interpreteren met een proces aangegeven door de context-hierarchie. Dit is in het bijzonder waar als wij opmerken dat het numeriek karakteriseren van een bepaalde beeldprimitieve in het algemeen niet toelaat om alle mogelijke variaties en onverwachte ongeregeldheden in beschouwing te nemen, terwijl deze juist heel gewone verschijnselen zijn voor een digitaal beeld van een natuurlijke scène. Om dergelijke verschijnselen te kunnen hanteren, voorziet **DADS** een mechanisme gebaseerd op het begrip anomalie. Door middel van dit mechanisme kan men de werking van het systeem verbeteren via het detecteren van verschillende onvolledigheden binnen het huidige systeem en via het, hiermee in overeenstemming, toevoegen van geschikte anomalie-processors om die onvolledigheden te bestrijden op dynamische basis. Op deze manier wordt een flexibele wisselwerking tot stand gebracht tussen de verschillende verwerkingsniveaus, welke traditioneel gesproken gescheiden zijn. Het aanduiden van een bepaalde klas anomalieën betreft dat gedeelte van ons denken dat in het algemeen onbewust of ongewoon zijn voor ons (bv., wanneer de anomalieën puur veroorzaakt zijn door de ongeschiktheid van het discrete raster). Wij noemen dit het *irrationele* gedeelte van ons denken bij het visuele waarnemen. Het belangrijke voordeel van het anomalie-gestuurde mechanisme is dat de aangeduide anomalieën effectief afgehandeld kunnen worden zonder een significante toename in het systeem-complexiteit en verwerkingstijd.

In Hoofdstuk 2 beginnen wij met de discussie rondom enige aspecten van het menselijke visuele waarnemen. In relatie tot beeldinterpretatie per computer wordt vervolgens ingegaan op het modelleren van **DADS** en verschillende specifieke onderdelen om te laten zien dat een dergelijk model op natuurlijke wijze is gerelateerd aan het menselijk beelinterpretatieproces en praktisch gesproken geschikt is, vanuit het oogpunt van beeldinterpretatie per computer.

In Hoofdstuk 3 geven wij een gedetailleerde presentatie van het **DADS**-ontwerp met nadruk op het systeem-raamwerk. Naast de globale architectuur en de systeem-controle, bevat dit hoofdstuk ook data representaties, verwerkingsspecificaties en systeem specificaties met betrekking tot een werkelijke toepassing van het **DADS**-raamwerk.

In Hoofdstuk 4 worden de slotopmerking gegeven. In het bijzonder worden verschillende eigenschappen van **DADS** uiteengezet zoals die direct waargenomen of verwacht kunnen worden vanuit de voorgaande presentaties. Tevens worden de betreffende punten aangeduid in relatie tot de toekomstige ontwikkeling van **DADS**.

In het tweede deel van dit proefschrift concentreren wij ons op een voorbeeld van een **DADS**-gebaseerd applicatie-systeem voor de interpretatie van zogenaamde SLAR-beelden (Side-Looking Airborne Radar). Het doel ervan is niet om een volledige oplossing te geven voor een dergelijk complex interpretatieprobleem. Integendeel, het is bedoeld om praktische inzichten in de **DADS**-architectuur te verkrijgen en om de geschiktheid alsmede de mogelijkheden met betrekking tot dit moeilijke probleem te evalueren.

In Hoofdstuk 5 wordt de problematiek rondom de interpretatie van SLAR-beelden geïntroduceerd en geformuleerd. Het vraagstuk van beeldsegmentatie dat een dominante rol heeft gespeeld in voorgaand onderzoek op het SLAR-probleem, wordt op een formele manier be-

sproken en in het bijzonder wordt door verschillende aspecten te bespreken een nieuwe segmentatie-definitie gegeven. Met betrekking tot de toepassing van **DADS** wordt de initiële opzet van het systeem (d.w.z. de zogenaamde context-hierarchie) gegeven.

In Hoofdstuk 6 wordt de *Edgeness Detector* geïntroduceerd en grondig besproken, vanaf de theoretische onderbouwing tot de praktische ontwerp-strategie in het discrete domein. Als een middel om een edgeness beeld na te bewerken wordt het *Iteration-Based Adaptive Shrinking Algorithm* gepresenteerd.

In Hoofdstuk 7 ligt het zwaartepunt op het vraagstuk rondom het extraheren van potentiële gebieden in een SLAR-beeld. In het bijzonder wordt de *Edge-Constrained Region-Growing Based Segmentation* aanpak gepresenteerd om een betere segmentatie te verkrijgen.

In Hoofdstuk 8 wordt de extractie van respectievelijk percelen en niet-perceel gebieden in een SLAR-beeld gepresenteerd. In het bijzonder wordt het gebruik van het anomalie-gestuurde mechanisme binnen **DADS** besproken door twee eenvoudige typen van de geconstateerde anomalieën te beschouwen. Als een illustratief voorbeeld wordt aldus een op **DADS** gebaseerd applicatie-systeem voor de interpretatie van SLAR-beelden tot stand gebracht.

Via experimenten zijn de effectiviteit en de flexibiliteit van het anomalie-gestuurde mechanisme geëvalueerd. De initiële resultaten rechtvaardigen de verwachting dat het totale systeem nog veel verbeterd kan worden wanneer er meer klassen van anomalieën aangeduid worden. Wij zijn er van overtuigd dat het **DADS**-raamwerk een sterke potentie bezit om gebruikt te worden als een hoog gekwalificeerd systeem voor beeldinterpretatiedoeleinden.

Parallel aan het realiseren van het huidige op **DADS** gebaseerde applicatie-systeem is onderzoek gedaan naar de fundamentele problematiek rondom beeldverwerking en ook daaraan worden bijdragen geleverd. In het bijzonder wordt er een nieuwe edge detector genaamd *Edgeness Detector* geïntroduceerd. Tevens behoren de voorgestelde methoden van het *Iteration-Based Adaptive Shrinking Algorithm* en de *Edge-Constrained Region-Growing Based Segmentation* tot de resultaten van dit onderzoek. De experimentele resultaten met deze nieuwe methoden toegepast op verscheidene typen zwaar met ruis verontreinigde beelden blijken heel goed te zijn. Ongetwijfeld zijn deze nieuwe methoden algemeen bruikbaar en waardevol voor veel andere toepassingen.

* * *

ITERATIVE IDENTIFICATION AND RESTORATION OF IMAGES

Door R.L. Lagendijk.
26 april 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. J. Biemond.

Beelden worden gebruikt om belangrijke informatie vast te leggen of om deze zichtbaar te maken. Ten gevolge van onvolkomenheden in het beeldvormend proces (bijvoorbeeld camera, fotografische film) zijn de afbeeldingen die verkregen worden regelmatig een vervormde versie van de gewenste ideale afbeelding. In het algemeen kan er een groot aantal vervormingen zijn opgetreden in het beeldvormend proces, maar het blijkt dat de vervormingen die geïntroduceerd worden door onscherpe en ruis meestal overheersend zijn. De beeldidentificatie en -restauratie richt zich dan ook op het verminderen of zo mogelijk verwijderen van deze vervormingen. Dit heeft tot doel de (menselijke) interpretatie of de eventuele verdere verwerking (zoals beeldanalyse) van het beschikbare beeld te vergemakkelijken. In de beeldidentificatie wordt een schatting gemaakt van de eigenschappen van het niet-perfecte beeldvervormende systeem (d.w.z. de onscherpte) vanuit het beschikbare onscherpe beeld. Verder worden enkele (statistische) eigenschappen bepaald van de in het beeld aanwezige ruis en van het originele (d.w.z. het scherpe) beeld. Op basis van deze gegevens wordt in de beeldrestauratie een schatting berekend van het originele beeld. Toepassingen van beeldidentificatie en -restauratie zijn bijvoorbeeld te vinden in de astronomie, medische beeldbewerking, en gerechtelijke onderzoek, en bij het analyseren van foto's van eenmalige gebeurtenissen.

Dit proefschrift concentreert zich op het gebruik van iteratieve methoden in de beeldidentificatie en -restauratie. Hierbij wordt verondersteld dat het onscherpe beeld vervormd is door lineaire plaats-invariante onscherpte en additieve witte ruis. In tegenstelling tot niet-iteratieve methoden kunnen iteratieve technieken het beeldrestauratieprobleem ook oplossen als dit geformuleerd is als een plaats-variante optimalisatie met randvoorwaarden. Er zal worden aangetoond dat de restauratieresultaten die op deze wijze verkregen worden, aanmerkelijk beter zijn dan die verkregen worden met meer conventionele technieken. Voor de beeldidentificatie zal een iteratief algoritme geïntroduceerd worden dat bekend staat als het "expectation-maximization" (EM) algoritme, om een gecompliceerde niet-lineaire waarschijnlijkheids- ("likelihood") functie te optimaliseren. Vrijwel al het onderzoek waarover dit proefschrift rapporteert, is in de vorm van wetenschappelijke publicaties verschenen [14,55,57,59].

In Hoofdstuk 2 zal allereerst de modelvorming van het beeldvormend systeem worden besproken. Deze modellen vormen een essentieel onderdeel van het proefschrift, aangezien vrijwel alle besproken beeldidentificatie en -restauratie methoden hier op gebaseerd zijn.

In Hoofdstuk 3 tot en met 5 komt een aantal aspecten van het gebruik van iteratieve methoden in de beeldrestauratie aan de orde. In Hoofdstuk 3 zal allereerst worden ingegaan op het slecht-geconditioneerd zijn van het beeldrestauratieprobleem. Dit betekent dat wanneer een inverse filter wordt gebruikt om een onscherp beeld te restaureren, dit altijd aanleiding zal geven tot een zeer sterke opslingering van de in het beeld aanwezige ruis. Vervolgens wordt een beknopte inleiding gegeven tot enkele welbekende restauratiemethoden, zoals de Wiener en Kalman filters, het kleinste-kwadraten filter met randvoorwaarde, en de methode van alternerende projecties op convexe deelruimten. Deze methoden hebben als gemeenschappelijke eigenschap dat ze vrijwel altijd gebruik maken van stochastische, algebraïsche of deterministische voorkennis over het te restaureren beeld om op deze wijze een middenweg te vinden tussen het opslingeren van de ruis en de betrouwbaarheid van de oplossing.

In Hoofdstuk 4 wordt een andere methode geïntroduceerd om rekening te houden met het feit dat het onscherpe beeld tevens ruis bevat. Hierbij wordt een iteratief schema dat in de limiet convergeert naar het inverse filter, voortijdig afgebroken. Het gevolg van dit afbreken is dat de onscherpte in het beeld slechts ten dele teniet wordt gedaan. Daar staat echter tegenover dat de ruis slechts weinig wordt opgeslingerd. Bijkomende voordelen van deze methode zijn dat er geen matrixinversies hoeven plaats te vinden, en dat het iteratieve algoritme redelijk eenvoudig is uit te breiden naar meer complexe schema's. Een aantal variaties op het voorgaande standaard iteratieve restauratiefilter wordt besproken. In eerste instantie zal een eenvoudig "steepest descent" -algoritme gebruikt worden om de iteraties te implementeren. Als alternatief hiervoor wordt ook een aantal efficiëntere implementaties besproken.

In Hoofdstuk 5 zal worden aangetoond dat als gevolg van het ruisonderdrukkend karakter van geregulariseerde restauratiemethoden er een storend artefact verschijnt in het opgescherpte beeld, namelijk ringvormige patronen. Het iteratieve schema dat wordt voorgesteld in dit hoofdstuk probeert deze "ringing" zo goed mogelijk te voorkomen

door gebruik te maken van z.g. deterministische voorkennis, en door lokaal te bepalen of ruisopslingering wel of niet toegestaan is. In een aantal experimenten wordt geïllustreerd dat de restauratieresultaten van het voorgestelde iteratieve schema de voorkeur verdienen boven de meer conventionele restauratie-filters, zowel in numerieke als visueel opzicht.

Hoofdstuk 6, 7 en 8 gaan in op het beeldidentificatie-probleem zoals dat tegenwoordig geformuleerd wordt, waarbij specifiek gebruik wordt gemaakt van een "maximum likelihood" (ML) parameterschattingsmethode. In Hoofdstuk 6 wordt eerst een aantal reeds langer bekendstaande identificatie methoden besproken, dat echter maar in een klein aantal gevallen ook daadwerkelijk tot goede resultaten leidt. Vervolgens wordt het beeld-identificatieprobleem in de vorm van een ML-schattingsprobleem gegoten. Helaas blijkt dat het oplossen hiervan de optimalisatie vergt van een vrij complexe en niet-lineaire waarschijnlijkheidsfunctie. De methoden die tot dusver bekend zijn in de literatuur worden onder een gemeenschappelijk noemer geplaatst. Deze aanpak toont aan dat de verschillende algoritmen (en dus ook de resultaten hiervan) niet essentieel verschillen, maar voortkomen uit een verschil in modelvorming (bijvoorbeeld: bevat het beeld wel of geen ruis), en/of overwegingen met betrekking tot algoritmische complexiteit of computerfaciliteiten (dit kan bijvoorbeeld leiden tot een voorkeur voor een recursieve, dan wel een matrix-vector formulering van het schattingsprobleem).

In Hoofdstuk 7 passen we het iteratieve EM-algoritme toe op het ML-beeldidentificatieprobleem. Deze aanpak leidt tot een zeer elegant algoritme dat tegelijkertijd het onscherpe beeld identificeert en restaureert. Vereist het oorspronkelijke ML-identificatieprobleem de optimalisatie van een niet-lineaire functie, bij het voorgestelde iteratieve identificatiealgoritme blijken slechts lineaire vergelijkingen opgelost te hoeven worden. De afleiding en de prestaties van bovengenoemde methode worden uitgebreid besproken.

Alhoewel de in Hoofdstuk 6 en 7 besproken algoritmen mathematisch adequaat geformuleerd zijn, blijkt er in de praktische situaties een aantal problemen te ontstaan door numerieke onnauwkeurigheden en door de afhankelijkheid tussen de verkregen oplossing en de initiële parameterschatting. Daarom wordt in Hoofdstuk 8 een tweetal praktisch georienteerde identificatiestrategieën voorgesteld, die echter wel geënt zijn op het in Hoofdstuk 7 besproken identificatiealgoritme. De eerste methode maakt gebruik van voorkennis over de structuur van de onscherpte en het beeldmodel. De tweede methode maakt gebruik van resolutiepiramides om tot een hiërarchische schattingsprocedure te komen voor de onscherpte in het beeld. Er worden experimentele resultaten op zowel synthetische als fotografische bewegings- en defocusseringsonscherpte gegeven. Het hoofdstuk eindigt met een korte bespreking van de huidige stand van zaken rond de beeldidentificatie en schetst een perspectief voor de toekomst.

* * *

SYSTEMATIC DESIGN OF REGULAR VLSI PROCESSOR ARRAYS

Door J. Bu.
22 mei 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. P. Dewilde,
Dr.ir. Ed F. Deprettere.

In dit proefschrift wordt een systematische manier voor het ontwerpen van reguliere VLSI-processor arrays, in het bijzonder systolische arrays, voorgesteld en theoretisch uitgewerkt. Meer specifiek wordt met de conceptuele en constructieve uitwerking van de volgende twee cruciale stappen een bijdrage geleverd tot het systematiseren van het ontwerptraject: (1) het afbeelden van reguliere algoritmen op systolische arrays waarvan de afmetingen constant zijn, (2) het omzetten van imperatieve geneste-lus-algoritmen (in de vorm van standaard computerprogramma's) in equivalente reguliere algoritmen die als formele specificatie voor een architectuursynthese veel geschikter zijn dan de gegeven specificatie. Een andere bijdrage van dit proefschrift is een nieuw VLSI-algoritme voor het displayen van artificiële, computergegenereerde foto-realistische beelden. Dit algoritme is een goed voorbeeld van voor het succesvol oplossen van complexe maar realistische problemen wat in het algemeen aan een architectuur synthese vooraf zal gaan.

Hoofdstuk 2 gaat over het architectuur ontwerp. Het ontwerpen van systolische arrays is conceptueel wel bekend. Uitgangspunt is een volledig expliciet geometrisch model van het algoritme. Dit model is formeel en niet suggestief ten aanzien van implementaties. Het systolische array dat in de ontwerp sessie uit dit model verkregen wordt, heeft eveneens een omvang die direct samenhangt met de uitgestrektheid van de graaf. Erg realistisch is dit niet. Inderdaad, een array kan niet willekeurig groot zijn en algoritmen die alleen in termen van *maat* verschillen kunnen niet afgebeeld worden op eenzelfde array omdat arrays niet zo maar ingekrompen of geëxpandeerd kunnen worden. Wij hebben een methode ontwikkeld om systolische arrays te ontwerpen die een constante complexiteit hebben in termen van aantallen processorcellen, onafhankelijk van de afmetingen van het algoritme dat erop afgebeeld moet worden; dit wil zeggen voor het implementeren van een klasse van algoritmen die zijn geparametriseerd met betrekking tot hun afmetingen. De methode voor het ontwerpen van systolische arrays met vast afmetingen die wij voorstellen en uitwerken in dit hoofdstuk bevat onder andere alle in de literatuur voorgestelde technieken voor het reduceren van de afmetingen van een array. Ze bevat ook modificaties en uitbreidingen van deze methoden en nieuwe methoden. Het verband tussen al deze reductie mogelijkheden wordt verduidelijkt en aanbevelingen voor het doen van keuzes worden gedaan. De procedure die wordt voorgesteld, komt in het kort hierop neer: (a) ontwerpen van een (conceptueel) array met onbepaalde afmetingen, (b) partitioneren van het array zodat de afmeting van een enkele partitie, ongeveer de gewenste array afmeting is. Zo'n partitie wordt het gereduceerd array genoemd. (c) Het gereduceerd array wordt (eventueel) verder gereduceerd door het toepassen van processor- (cel-, element-) klustering. Twee klustertechnieken worden beschreven die toegepast kunnen worden om bepaalde aanpassingen te realiseren, zoals herleiden van aantal processorcellen tot een minimum, verder reduceren van de dimensie en/of de afmetingen van het gereduceerde array, in balans brengen van locale geheugen-capaciteiten en externe communicatiebandbreedtes.

Hoofdstuk 3 gaat over algoritme specificaties. Algoritmen waarvoor een systolische implementatie bestaat worden systolische algoritmen genoemd. Deze vormen een sub-klasse van de groep van zogenoemde reguliere algoritmen (RA's). In dit hoofdstuk geven wij een mathematische analyse van klassiek lus-programma's gericht op het systematisch omzetten van zulke programma's in RA specificatie vorm. De transformatie gaat dan in 2 stappen: (a) het omzetten van het gegeven programma in "single-assignment" vorm waarin alle data-afhankelijkheden in de vorm van algebraïsche expressies expliciet zijn gemaakt, (b) het localiseren, indien mogelijk, van de data-afhankelijkheden. In onze methode worden iteraties (recursie stappen) opgespoord die in strikte zin van elkaar afhankelijk zijn. Dit in tegenstelling tot wat sommige paralleliserende en/of vectoriserende compilers doen, namelijk bepalen welke iteraties of statements onafhankelijk van elkaar zijn. Voor het ontwerpen van systolische algoritmen is het belangrijk te weten welke iteraties van elkaar afhankelijk zijn en hoe die afhankelijkheid is. De communicatie-mogelijkheden tussen (macro) operaties zijn immers beperkt bij

zulke realisaties.

Hoofdstuk 4 gaat over het ontwerpen van algoritmen. Er wordt een algoritme en een bijbehorende parallel-VLSI-architectuur gepresenteerd voor de computer-synthese van hoge-resolutie, foto-realistische weergave van objecten en interieurs. Daarbij wordt gesteund op de zogenoemde "Radiosity-methode" die de lichtintensiteit van de omgeving berekent volgens een fysisch model. In dit hoofdstuk hebben we willen aantonen, aan de hand van een voorbeeld, dat het niet voldoende is te beschikken over "een" algoritme (programma) en de krachtige middelen uit hoofdstukken 3 en 4 waarmee RA specificaties en gereduceerde arrays kunnen worden geconstrueerd. Het ontwerptraject van de architectuur kan niet meer uit het gegeven algoritme halen dan er in zit, en de meeste algoritmen zijn imperatieve lus-programma's die zijn geoptimaliseerd naar Von-Neuman architecturen toe. Deze zijn serieel, en wat de rekencapaciteit betreft gebaseerd op vermenigvuldigen en accumulatie als basis operaties. Zulke algoritmen zullen dus opnieuw ontworpen moeten worden, rekening houdend met de randvoorwaarden van de VLSI-implementatie. Daarom wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan dat herformuleringsprocess, dat beoogt de geschiktheid van het algoritme (programma) voor reguliere VLSI-implementatie te verhogen, indien mogelijk. In de radiosity-methode worden zogenoemde vormfactoren uitgerekend die geometrische zichtbaarheden meten van de "elementen" in de ruimte die het object of de omgeving modelleren. We geven een ray-tracing-algoritme voor het berekenen van deze factoren. Deze stralen waarmee transmissies en reflecties van licht worden gesimuleerd kunnen onafhankelijk van elkaar worden "getrokken". Daarom is een hoge graad van inherent parallellisme aanwezig, en dit aspect wordt uitgebuit door operaties op verschillende niveaus te pipelinen. Voor de vormfactorberekening wordt een VLSI-algoritme en een bijbehorende architectuur gegeven.

* * *

HIGH-PURITY SILICON SOFT X-RAY SENSOR ARRAYS

Door S.A. Steigerwald Audet.
7 juni 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. S. Middelhoek.

Het in dit proefschrift gepresenteerde onderzoek behandelt de fundamentele eigenschappen van tweedimensionale positiegevoelige sensoren voor het meten van zachte röntgenstraling. De sensoren zijn vervaardigd in hoogohmig silicium. Door de vooruitgang op het gebied van het fundamentele onderzoek naar de technische toepassingen van zachte röntgenstraling (b.v. synchrotronstraling en gepulste plasmabronnen) is de ontwikkeling van tweedimensionale positiegevoelige sensoren voor het meten van zachte röntgenstraling noodzakelijk geworden. Hoogohmige silicium sensormatrices zijn bij uitstek geschikt voor het meten van laag energetische (zachte) röntgenstraling.

De interaktiemeachanismen, die de wisselwerking tussen elektromagnetische straling en silicium beschrijven, worden behandeld in Hoofdstuk 2. Zachte röntgenstraling wordt in silicium voornamelijk d.m.v. het foto-elektrisch effect geabsorbeerd. Het aantal vrije ladingsdragers dat gegenereerd wordt door de absorbtie van een foton wordt bepaald door de energie van de invallende straling. Het komplete detektieproces hangt niet alleen af van de absorptie van de fotonen en de bijbehorende generatie van ladingsdragers, maar wordt mede bepaald door de kollektie van de gegenereerde lading. De absolute kwamtumefficiency omvat het komplete proces en is gedefinieerd als de verhouding van het aantal gecollecteerde ladingsdragers en het theoretische aantal dat zou worden gegenereerd als alle invallende fotonen omgezet zouden worden in ladingsdragers.

Hoogohmige silicium sensoren voor het meten van zachte röntgenstraling, in het bijzonder de matrix-elementen van de sensormatrices, worden theoretisch gekarakteriseerd in Hoofdstuk 2. Twee soorten sensoren worden behandeld, welke beide bestaan uit $p^+ - n^- - n^+$ diodes van hoogohmig silicium. Het uitleesmechanisme van de sensoren van eerste type is direkt, terwijl bij de tweede soort elke sensor via een geïntegreerde polysilicium weerstand wordt uitgelezen. De theoretische karakterisatie omvat de analyses van de lekstroom van de sensor, de levensduur van de ladingsdragers, de energiesolutie en de ruisbronnen. Het principe van de ladingkollectie en de schade, die de invallende straling in de sensoren veroorzaakt, wordt ook behandeld.

De totale lekstroom in hoogohmige silicium sensoren voor het meten van zachte röntgenstraling bestaat uit drie komponenten: lek via het oppervlak, thermische generatie in de depletielaag en thermische generatie in de niet-gedepleteerde gebieden. Bij de standaardinstelling (d.w.z. dat de sensor geheel gedepleteerd is) wordt de totale lekstroom voornamelijk bepaald door de thermische generatie in de depletielaag.

De geschiktheid van een detektor om de energie te meten van invallende straling wordt weergegeven door de energiesolutie. Het energiespektrum van een mono-energetische bron is in theorie een delta-puls. Echter in de praktijk wordt een brede puls gemeten, veroorzaakt door verschillende ruisbronnen. Dit lijnverbredingseffekt wordt veroorzaakt door drie ruisbronnen: statistische fluktuaties in het aantal gegenereerde ladingsdragers, statistische fluktuaties in de lekstroom en statistische fluktuaties in stromen in de elektronische circuits.

Elektromagnetische straling die binnendringt in een silicium sensor kan schade veroorzaken door de generatie van roosterfouten. Echter, zolang de energie van de invallende straling lager is dan 130 keV, blijft de stralingsschade beperkt. Bovendien biedt een temperatuurbehandeling de mogelijkheid om de schade te herstellen.

Hoogohmige silicium sensormatrices voor het meten van zachte röntgenstraling worden theoretisch gekarakteriseerd in Hoofdstuk 3. Twee soorten sensormatrices worden onderzocht. De fabrikage van de eerste soort is gebaseerd op een interkonnektiepatroon (aluminium, polysilicium). Deze methode heeft als nadeel dat grote matrices bestaande uit kleine elementen niet gemaakt kunnen worden.

Dit nadeel geldt niet voor sensormatrices van de tweede soort. Deze worden gefabriceerd volgens de dubbellaagsmetallisatietechniek (aluminium, aluminium) en worden onderverdeeld in twee groepen, beide gebaseerd op de sensorelementen zoals in de voorgaande tekst beschreven. De ene groep bestaat uit matrices van de sensorelementen, terwijl de elementen van de tweede groep bestaan uit sensoren in serie met polysilicium weerstanden.

Omdat de sensormatrices opgebouwd zijn uit sensorelementen gelden veel van de karakteristieke parameters van de sensorelementen ook voor de elementen van de sensormatrices. De lekstroom van een resistieve uitgang van een sensormatrix is de som van de lekstromen van de sensorelementen van de kolom. De levensduur van de ladingsdragers van een bepaalde sensor hangt niet af van de geometrie van de sensor en hoeft dus niet apart gedefinieerd te worden voor sensormatrices. De energieresolutie en de ruis van een sensormatrix worden eveneens gegeven door de energieresolutie en de ruis van de individuele sensorelementen. Parameters die wel verschillend zijn voor sensormatrices zijn plaatsresolutie, overspraak en stralingsschade.

Overspraak tussen naburige elementen in een sensormatrix komt voor wanneer de lading, die door een element gecollecteerd wordt, bij een ander element een uitgangssignaal induceert. Coïncidentietechnieken worden gebruikt om de mate van overspraak vast te stellen.

Omdat de sensormatrices twee metallisatielagen hebben met een dielektricum ertussen als isolatie, zijn deze matrices minder stralings-

bestendig dan de sensorelementen. Ionisatie effekten veroorzaakt door ingevangen lading kunnen op den duur het funktioneren van het dielktricum nadelig beinvloeden. Wanneer de sensormatrices aan de achterkant bestraald worden, neemt de kans op dit soort stralingsschade aanzienlijk af.

De fabrikage van hoogohmige silicium sensoren en sensormatrices voor het meten van zachte röntgenstraling wordt behandeld in Hoofdstuk 4. De fabrikage van een sensor bestaat uit het aanbrengen van twee juncties in een hoogohmig substraat d.m.v. ionenimplantatietechnieken: een p^+–n^- junktie aan de voorkant en een n^-–n^+ junktie aan de achterkant. Er is een aantal redenen om hoogomhig silicium te gebruiken als substraatmateriaal. Het heeft een relatief lage verontreinigingskoncentratie, een lage dichtheid van vangcentra en een lage verstrooiingscentradichtheid. Dit heeft tot gevolg dat de thermische generatie in de depletielaag minimaal is en dat de levensduur en de mobiliteit van de minderheidsladingsdragers en de depletielaagdikte maximaal zijn. Bovendien ontstaat een sterk elektrisch veld in de depletielaag van een korrekt ingestelde sensor. Dit elektrisch veld bewerkstelligt dat de kollektie van de gegenereerde lading in minder dan 25 ns plaatsvindt en voorkomt dat de lading uitdiffundeerd voordat het de elektrode(s) bereikt. Tenslotte hebben sensoren van hoogohmige silicium altijd een betere kwantumefficiency dan sensoren van standaard silicium. De geïntegreerde weerstanden zijn gerealiseerd door depositie van polysilicium m.b.v. een LPCVD techniek.

De processtappen die ontwikkeld zijn om hoogohmige silicium sensoren voor het meten van zachte röntgenstraling te fabriceren kunnen direkt gebruikt worden voor de fabrikage van de sensormatrices die gebaseerd zijn op de dubbellaagsmetallisatietechniek. Slechts twee stappen moeten worden toegevoegd: depositie bij lage temperatuur van siliciumdioxide en de tweede metallisatie stap.

Het meetsysteem dat gebruikt is voor de detektie van zachte röntgenstraling wordt behandeld in Hoofdstuk 5. De door een foton gegenereerde lading moet bewerkt worden nadat het is gecollecteerd. De signaalverwerkingsapparatuur die gebruikt wordt in meetsystemen voor zachte röntgenstraling bestaat uit voorversterkers, spektroskopie versterkers, A/D omzetters, coïncidentiecircuits en MCAs (veelkanaals analysatoren). Het met succes toepassen van hoogohmige silicium sensoren en sensormatrices voor het meten van zachte röntgenstraling hangt zeer nauw samen met de beschikbaarheid van kleine en snelle versterkers met lage ruis en van signaalverwerkingselektronica die weinig vermogen dissipeert.

De experimentele resultaten worden gepresenteerd in Hoofdstuk 5. De gemeten waarden van de lekstromen van de sensoren en de sensormatrices zijn in overeenstemming met de door de theorie voorspelde waarden. De experimentele waarden van de geïntegreerde polysilicium weerstanden zijn ook in overeenstemming met de theorie.

De overspraak van alle sensormatrices is altijd minder dan 10%. De sensormatrices met dubbellaagsmetallisatie die gebruikt maken van de geïntegreerde weerstanden hebben de laagste overspraak, terwijl de sensormatrices met dubbellaagsmetallisatie die geen geïntegreerde weerstanden gebruiken de beste energieresolutie hebben.

Het doel van een sensormatrix voor het meten van zachte röntgenstraling is om invallende straling te absorberen en de daarbij gegenereerde elektron-gat paren te kollekteren en zodoende een betrouwbare waarde van de energie en de positie in twee dimensies van de invallende straling te geven. De lage lekstroom, de goede energieresolutie en de kleine overspraak van de in dit proefschrift gepresenteerde hoogohmige silicium sensormatrices voor het meten van zachte röntgenstraling tonen aan dat deze sensormatrices uitermate geschikt zijn voor het meten van zachte röntgenstralingsbeelden.

* * *

BENDS IN OPTICAL RIDGE WAVEGUIDES MODELING AND EXPERIMENTS

Door E.C.M. Pennings.
12 juni 1990.
Promotoren:
Prof.dr. G.A. Acket,
Prof.dr.ir. H. Blok.

Dit proefschrift gaat over de modellering en de vervaardiging van gebogen optische golfgeleiders en de bepaling van hun verliezen.

De eigenschappen van gebogen golfleiders – de afstralingsverliezen en de velddistributiefuncties van de modi – zijn berekend met behulp van de effectieve index methode in combinatie met drie andere methoden die geschikt zijn voor de analyse van de resulterende gebogen planaire golfgeleider; (a) een methode, die gebruik maakt van de Bessel functies, (b) een transformatie, die een gebogen planaire golfgeleider in een rechte golfgeleider transformeert, gecombineerd met de WKB benadering en (c) dezelfde transformatie samen met een discretisatie en het formalisme van de overdrachtsmatrix. De numerieke resultaten van deze drie methoden bleken in goede onderlinge overeenstemming te zijn. Ook is aangetoond, dat de effectieve index methode op een vergelijkbare wijze op gebogen optische golfgeleiders toegepast mag worden, als waarop zij op rechte golfgeleiders toegepast wordt.

De koppeling van de gebogen en de rechte golfgeleider is mede bestudeerd en met het oog daarop zijn orthogonaliteitsrelaties afgeleid voor de gebogen golfgeleider. Exacte oplossingen zijn bepaald voor de koppeling van planaire golfgeleiders. Numerieke resultaten zijn daarentegen verkregen door deze exacte oplossingen te benaderen door overlapintegralen.

Een transformatie is geïntroduceerd voor de analyse van twee gekoppelde golfgeleiders met identieke kromtestralen en tegengestelde kromming. Deze transformatie biedt inzicht in de koppel- en verliesmechanismen van een dergelijke configuratie en kan gebruikt worden om numerieke resultaten te verkrijgen. Dergelijke numerieke berekeningen zijn niet gedaan.

De ontwikkelde modellen en de bijbehorende computerprogrammatuur zijn gebruikt om de verliezen van gebogen golfgeleiders te minimaliseren. Genormaliseerde grafieken zijn vervaardigd voor de afstralingverliezen, de minimale breedte die een gebogen optische golfgeleider dient te hebben en de laterale compensatie ter plaatse van de koppeling. Ontwerpregels zijn gegeven voor deze minimalisatie.

De ontwikkelde computerprogrammatuur is ook toegepast op de multimodale interferentiekoppelaar. De resultaten van de modellering tonen aan dat een multimodale koppelaar, die elf modi geleidt eigenschappen kan vertonen die een verbetering vormen ten opzichte van de gangbare bimodale koppelaar. De verklaring, die hiervoor is gevonden, berust op de zelfafbeeldende eigenschappen van multimodale planaire golfgeleiders.

Experimenten zijn uitgevoerd met begraven multimodale Al_2O_3/SiO_2 richelgolfgeleiders bij golflengten van 0.6328μm en 1.3μm en met multimodale GaInAsP/InP golfgeleiders bij golflengten van 1.3 μm en 1.52μm.

De invloed, die de laterale compenserende verplaatsing van de gebogen golfgeleider ten opzichte van de rechte golfgeleider op de verliezen heeft, is experimenteel onderzocht. Hieruit is gebleken, dat het minimale verlies optreedt bij een waarde van de laterale compenserende verplaatsing die zeer dicht in de buurt ligt van de voorspelde waarde.

Twee nieuwe oplossingen zijn bedacht en uitgevoerd om het grote laterale brekingsindexverschil, dat nodig is voor de realisatie van kleine gebogen golfgeleiders met lage verliezen, en het kleine laterale brekingsindex-verschil, dat noodzakelijk is voor de reductie van verstrooi-

ingsverliezen en voor de monomode werking van golfgeleiders, te combineren op één substraat.

De 'dubbel-richel' golfgeleider vertoont sterk verminderde verstrooiings- en afstralingsverliezen ten opzichte van de conventionele 'enkel-richel' golfgeleider. Dit is aan de hand van experimenten geverifieerd.

De 'vanzelf uitgerichte dubbel geëtste' gebogen golfgeleider heeft een richel-hoogte, die groter is voor de gebogen golfgeleider dan voor de rechte golfgeleider. S-bochten van dit type zijn vervaardigd in de vorm van begraven richelgolfgeleiders met behulp van een vanzelf uitgerichte fotolithografische techniek. De kleinste gemeten waarde voor de additionele verliezen bedraagt 0.5 dB/90° en is gevonden voor de S-bocht met een kromtestraal van 200 μm en bij een golflengte van 632.8 nm. Deze waarde van 0.5 dB moet grotendeels toegeschreven worden aan de overgangsverliezen van één koppeling van een monomode golfgeleider met een klein lateraal brekingsindexverschil en een golfgeleider met een groot lateraal brekingsindexverschil.

De kleinste gemeten additionele verliezen voor verschillende S-bochten zijn; 0.23 dB/90° voor $R = 75\,\mu$m in Al_2O_3/SiO_2 golfgeleiders bij $\lambda_o = 1.3\,\mu$m, 0.6 dB/90° voor $R = 50\,\mu$m in de Al_2O_3/SiO_2 'dubbel-richel' golfgeleider bij $\lambda_o = 632.8$ nm en 0.5 dB/90° voor $R = 150\,\mu$m in MOVPE-gegroeide GaInAsP/InP richelgolfgeleiders bij $\lambda_o = 1.52\,\mu$m.

Deze experimentele resultaten bevestigen de doelmatigheid van de ontwikkelde modellen en de gekozen strategieën om de verliezen en de kromtestraal te verkleinen van gebogen optische golfgeleiders.

* * *

A TIME-DOMAIN FINITE-ELEMENT METHOD FOR THE COMPUTATION OF THREE-DIMENSIONAL ACOUSTIC WAVE FIELDS IN INHOMOGENEOUS FLUIDS AND SOLIDS

Door H.J. Stam.
21 juni 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. A.T. de Hoop.

De numerieke modellering van akoestische golfproblemen heeft talrijke toepassingsgebieden. Voorbeelden zijn: de exploratiegeofysica, de akoestische beeldvorming voor medische doeleinden en het niet-destructief onderzoek aan mechanische constructies. In al deze toepassingen is men geïnteresseerd in de akoestische golfverschijnselen in ruimte en tijd in sterk inhomogene en mogelijk anisotrope vloeistoffen en vaste stoffen, en de kwantitatieve bepaling van de grootheden die de golfbeweging karakteriseren (de scalaire spanning in vloeistoffen (tegengestelde van de druk), de tensoriële spanning in vaste stoffen en de deeltjessnelheden in beide media), is het uiteindelijke doel. Voor eenvoudige configuraties, zoals de geometrieën die zich schikken in coördinatenstelsels waarin de geldende akoestische golfvergelijkingen separeerbaar zijn, kunnen analytische oplossingen voor golfpropagatie- en verstrooiingsproblemen worden geconstrueerd. Voor meer gecompliceerde configuraties is het echter noodzakelijk van numerieke methoden gebruik te maken. Eén van de numerieke methoden die bekend staat om haar eenvoud is de eindige-differentiemethode. Hoewel de eindige-differentiemethode met haar coördinaatlijnroosterstructuur het voordeel heeft van de eenvoud, geeft zij moeilijkheden met het modelleren van willekeurige randen en discontinuïteitsvlakken in de materiaaleigenschappen die niet samenvallen met zo'n rooster. De willekeurig georienteerde randen en vlakken kunnen echter zonder moeilijkheden worden aangepakt met de meer gecompliceerde eindige-elementenmethode, die niet beperkt is tot een speciale roosterstructuur.

Vanwege de beperkingen van de geheugenruimte en de rekentijd op de computer, moet men het domein van numerieke berekening, zowel in de eindige-differentiemethode als in de eindige-elementenmethode, zo veel mogelijk beperken. Nu zijn er voor éénduidige oplossing van het akoestische golfprobleem in een begrensd gebied D naast de daarin geldende differentiaalvergelijkingen ook voorwaarden nodig op de rand ∂D van D. Om golfbewegingen te berekenen die zich nog niet zo ver van de bronnen af hebben uitgebreid, voldoen de juiste nulcondities op ∂D mits ∂D buiten het gebied wordt gekozen waar de golfbeweging tot dusver is doorgedrongen. Toegestane nulcondities zijn van het Dirichlet – of van het Neumanntype. Het onderscheid is als volgt. Voor de randvoorwaarde van het Neumanntype wordt de normale component van de deeltjessnelheid voorgeschreven op de rand die grenst aan een vloeistof en de spanning wordt voorgeschreven op het gedeelte van de rand die grenst aan een vaste stof. Voor de randvoorwaarde van het Dirichlettype wordt de scalaire vloeistof spanning voorgeschreven op het gedeelte van de rand dat grenst aan een vloeistof, terwijl de deeltjessnelheid wordt voorgeschreven op het gedeelte van de rand dat grenst aan een vaste stof. In de meeste gevallen wordt het domein van numerieke berekening D voor zo'n procedure veel te groot. Dientengevolge moet het domein D kleiner worden genomen en moet men er rekening mee houden, dat de golfbeweging de rand ∂D heeft bereikt en dat door ∂D heen akoestische straling plaats vindt van D af. Het type randvoorwaarde dat deze straling in het oneindige buitengebied met eenvoudige akoestische eigenschappen modelleert, is een belangrijk onderwerp van het huidige theoretische onderzoek.

Om randvoorwaarden te construeren die de straling van golven door ∂D heen van D af modelleren, wordt het domein D van de eindige-elementenberekening ingebed in een omringend medium, de "inbedding". In onze analyse nemen wij een ruimte-tijdreciprociteitstheorema van het tijdconvolutietype als uitgangspunt. Dit wordt toegepast op de gediscretiseerde versie [D] van D en zijn inbedding D_0. In een reciprociteitstheorema van dit type komen twee toestanden voor die in één en hetzelfde domein in ruimte en tijd kunnen bestaan. We identificeren één van de twee toestanden met het werkelijke akoestische golfveld, terwijl het andere wordt beschouwd als een hulptoestand die als passend te kiezen overblijft. Voor de bronnen die in de hulptoestand voorkomen, wordt een rij van gelokaliseerde brondverdelingen gekozen die gedefinieerd zijn op [D]. Elk van deze bronnen is gedefinieerd op één van de elementaire gebieden waarin D is onderverdeeld en is gelijk aan nul buiten zo'n gebied. De hulptoestand heeft, evenals het werkelijke golfveld, geen bronnen in de inbedding D_0. Voor de mediumeigenschappen in [D] en D_0 van de hulptoestand worden die van de inbedding genomen. De ermee overeenkomende golfveldgrootheden, die gerelateerd zijn aan de gelokaliseerde bronverdelingen in een medium zoals de inbedding, zijn onze "gediscretiseerde" Greense functies. Er wordt aangenomen, dat deze analytisch kunnen worden bepaald. Substitutie van deze keuzen voor de hulptoestand in het reciprociteitstheorema levert relaties op tussen de waarden van de akoestische golf-veldgrootheden, gewogen over ieder van de definitiegebieden van de gelokaliseerde bronverdelingen en de contrast- en primaire bronnen in [D]. Deze relaties dienen als de niet-lokale randvoorwaarden voor onze hybride eindige-elementenmethode.

De combinatie van de twee oplossingsmethoden, een eindige-differentie- of een eindige-elementenmethode voor het begrensde domein met een gecompliceerd medium en een analystische voor de eenvoudige inbedding, staat bekend als een hybride methode. In dit proefschrift wordt zo'n methode gepresenteerd, die numeriek akoestische golfproblemen in ruimte en tijd oplost in een configuratie die bestaat uit vloeistof- en/of vastestofgedeelten. De vloeistoffen en de vaste stoffen worden lineair, lokaal en instantaan reagerend genomen en tijdinvari-

ant in hun mechanische gedrag. In één of ander begrensd domein D^{sc} wordt het medium willekeurig inhomogeen en anistroop ondersteld. De inbedding van dit domein is een vloeistof of een vast stof met zulke eenvoudige eigenschappen, dat haar Greense functie geconstrueerd kan worden met behulp van analytische methoden.

De akoestische golfvelden in het vloeistofdomein worden gekarakteriseerd door hun deeltjessnelheid en hun scalaire spanning. De akoestische golfvelden in de vaste stof worden gekarakteriseerd door de deeltjessnelheid en hun tensoriële spanning. Deze grootheden worden beschouwd als de fundamentele toestands-grootheden. We kiezen het begrensde domein van numerieke berekening D zodanig, dat $D^{sc} \subset D$. De berekening van de golfvelden in D wordt uitgevoerd door een eindige-elementenmethode die in het bijzonder geschikt is om de voorwaarden op willekeurig gevormde randen en vlakken van het vaste/vaste stof-, vloeistof/vloeistof- en het vaste stof/vloeistoftype te hanteren.

In een aantal technische problemen, meestal van het statische, d.w.z. tijdonafhankelijke, type kan de eindige-elementenmethode gebaseerd worden op een variationeel principe. Zo'n principe zegt, dat de oplossing van het probleem een stationair punt is van een passend geconstrueerde functionaal (bijvoorbeeld het minimum van de potentiële energie opgeslagen in het systeem). Voor problemen waarvoor geen variationeel principe beschikbaar is, wordt de methode van de gewogen residuen gewoonlijk benut om tot een eindige-elementenformulering te komen. Bij onze aanpak zullen we als uitgangspunt een akoestisch ruimte-tijd reciprociteitstheorema van het tijdcorrelatietype gebruiken. In een reciprociteitstheorema van dit type komen twee toestanden voor die in één en hetzelfde domein in ruimte en tijd kunnen bestaan. We identificeren één van de twee toestanden met het werkelijke akoestische golfveld waarvoor een numerieke benadering moet worden geconstrueerd, terwijl het andere wordt beschouwd als een hulptoestand die passend te kiezen overblijft. We laten zien, dat speciale keuzen voor de hulptoestanden leiden tot een zekere weegprocedure toegepast op de vergelijkingen die de golfbeweging bepalen, d.w.z. de bewegingsvergelijking en de deformatievergelijking. Vervolgens worden er speciale lokale representaties voor het akoestische golfveld ontwikkeld, die speciaal geschikt zijn voor het hanteren van de voorwaarden die gelden op discontinuïteitsvlakken in sterk inhomogene media.

Met het oog op de tijdinvariantie van de configuratie waarin het golfveld voorkomt, discretizeren we de geometrie in elementaire subdomeinen die cylindrisch zijn in de tijdrichting in de vier dimensionale ruimte-tijd. In de driedimensionale ruimte nemen we het tetraeder als het elementaire subdomein. Met deze keuze bestaat de gediscretiseerde geometrie uit prisma's in ruimte-tijd. In overeenstemming hiermee, worden de lokale functies genomen als het produkt van een functie van de plaats en een functie van de tijd. De hoekpunten van de tetraeders vormen de knooppunten van de plaatsdiscretisatie. In ieder hoekpunt van een tetraeder dat samenvalt met een knooppunt dat zich niet op een discontinuïteitsvlak in de materiaaleigenschappen bevindt (een enkelvoudig knooppunt), worden de vectoriële en tensoriële toestandsgrootheden gerepresenteerd door hun componenten ten opzichte van een gekozen Cartesiaans achtergrondassenstelsel. In ieder hoekpunt van een tetraeder dat samenvalt met een knooppunt dat zich op een vlak van discontinuïteit in de materiaaleigenschappen bevindt (een meervoudig knooppunt), worden de vectoriële en tensoriële toestandsgrootheden die continu zijn door dit vlak heen opnieuw gerepresenteerd ten opzichte van het gekozen Cartesiaanse achtergrondassenstelsel, terwijl diegenen die één of meer componenten hebben die een eindige sprong kunnen vertonen door dit vlak heen, worden gerepresenteerd ten opzichte van passend gekozen lokale basisvectoren. De richtingen van deze lokale basisvectoren worden zodanig gekozen, dat er in de resulterende representaties van de toestandsgrootheden exact aan de continuïteitsvoorwaarden op het vlak van discontinuïteit in de materiaaleigenschappen wordt voldaan (d.w.z. in machineprecisie).

Voor een éénduidige (numerieke) oplossing van het golfprobleem in het inhomogene en anisotrope begrensde domein van numerieke berekening D hebben we randvoorwaarden nodig op zijn buitenrand ∂D. In onze hybride methode representeren we de toestandsgrootheden op ∂D door integraalbetrekkingen die de gediscretiseerde Greense functies van de inbedding en de gelokaliseerde bronverdelingen die de inhomogeniteiten in D representeren bevatten. Veronderstel, dat de inbedding een vloeistof is, dan definiëren we in de vloeistofgedeelten van D^{sc} contrastvolumebronnen die van nul verschillen in die subdomeinen waar de vloeistofeigenschappen een contrast vertonen ten opzichte van de inbedding. Omdat de invloed van de vastestofgedeelten in D^{sc} niet kan worden beschreven met behulp van contrastvolumebronnen, wordt deze gerepresenteerd door oppervlakte bronnen van het vloeistoftype op de vloeistof/vaste stof overgangen. Als de inbedding een vaste stof is, definiëren we in de vastestofgedeelten van D^{sc} contrastvolumebronnen die van nul verschillen in die subdomeinen waar de vastestofeigenschappen een contrast vertonen ten opzichte van de inbedding en modelleren we de invloed van de vloeistof gedeelten in D^{sc} met behulp van oppervlaktebronnen van het vastestoftype op de vaste stof/vloeistof overgangen. De relevante integraalvoorstellingen volgen uit de akoestische ruimte-tijdreciprociteitsstheorema's van het tijdconvolutietype door in deze theorema's hulptoestanden te kiezen die overeenkomen met geschikte gelokaliseerde bronverdelingen (de gediscretiseerde Greense functies) van de inbedding. Voor een homogene inbedding kunnen deze analytisch worden berekend. Om het akoestische golfveld in de inbedding te bepalen, benutten we daarna de oppervlakte- en volumebronintegraalrepresentaties, gebruik makend van de nu bekende waarden van het akoestische golfveld op de randen van de oppervlaktebronnen en in de contrastvolumebrondichtheden.

Numerieke resultaten illustreren de methode voor een aantal tweedimensionale configuraties. Voor de gevallen van een oppervlaktebron van eindige breedte op de rand van halfoneindige vloeistof of een halfoneindige vast stof en op het scheidingsvlak van een halfoneindige vloeistof en een halfoneindige vaste stof is ook de analystische oplossing van het probleem bepaald met behulp van de Cagniard-De Hoop methode. Deze gevallen dienen als test voor de correctheid en de nauwkeurigheid van de numerieke programmatuur.

ON TRAVELLING-WAVE-BASED PROTECTION OF HIGH-VOLTAGE NETWORKS
Door M.H.J. Bollen.
15 september 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. W.M.C. van den Heuvel.
Prof.dr.-ing. H.J. Butterweck.

Het optreden van een kortsluiting in een elektriciteitsnet kan zeer grote stromen tot gevolg hebben. Deze stromen zijn ongewenst aangezien ze de onderdelen van het net zwaar kunnen beschadigen en tevens de elektriciteitsvoorziening op andere wijze kunnen ontregelen. Om de gevolgen van zo'n kortsluiting zoveel mogelijk te beperken wordt getracht zo snel mogelijk na het optreden ervan een aantal schakelaars te openen, waardoor de kortsluitstroom verdwijnt zonder dat de elektriciteitsvoorziening ontregeld wordt (men spreekt in deze context van "kortsluitbeveiliging" of kortweg "beveiliging").

Wanneer ergens op een hoogspanningslijn een kortsluiting optreedt veranderen daar ter plaatse ogenblikkelijk de voorheen aanwezige spanningen en stromen. Deze veranderingen planten zich vervolgens vanaf de kortsluiting voort met een zeer hoge snelheid (nagenoeg de lichtsnelheid). Een dergelijke, zich snel voortplantende spannings- en stroomverandering wordt een lopende golf genoemd. Na een zekere, geringe, looptijd arriveren deze golven in een hoogspanningsstation, waar ze de eerste melding vormen van een kortsluiting verderop. Men zou deze golven daarom, in principe, kunnen gebruiken als detektiesignaal voor een zeer snelle beveiliging. Een moeilijkheid daarbij is, dat vele andere gebeurtenissen (schakelhandelingen, bliksemontladingen, fouten elders) ook lopende golven veroorzaken maar niet tot een afschakeling mogen leiden.

Het onderzoek beschreven in dit proefschrift tracht een antwoord te geven op de vraag of het mogelijk is een betrouwbare lopende-golfbeveiliging te ontwerpen.

Het onderzoek bestaat uit drie delen:
1. het ontwikkelen van modellen geschikt voor het bestuderen van lopende golven in elektriciteitsnetten;
2. het testen van voorgestelde methoden voor lopende-golfbeveiliging;
3. het inpassen van deze methoden in toekomstige beveiligingsrelais.

1e. De modelvorming is vooral gericht op lopende golven op hoogspanningslijnen. De hoogspanningslijn wordt gezien als een aantal parallele geleiders boven een geleidende aarde. Tot enkele honderden kHz blijkt het mogelijk het gedrag van een dergelijk systeem te beschrijven door middel van een stelsel gekoppelde differentiaalvergelijkingen voor spanning en stroom. De oplossingen hiervan zijn zwak-gedempte lopende golven waarvan de eigenschappen kunnen worden bepaald met behulp van in 1926 door Carson gevonden uitdrukkingen.

Het op deze manier ontstane lijnmodel is gebruikt in twee computerprogramma's voor netwerkberekeningen: een bestaand, genaamd EMTP en een nieuw ontwikkeld, genaamd WONFIL. EMTP neemt het grootste deel van de frequentieafhankelijkheden van de golfeigenschappen mee. EMTP's rijkdom aan mogelijkheden maakt het zeer geschikt voor het nauwkeurig berekenen van spanningen en stromen. De hiermee samenhangende complexiteit maakt het echter minder geschikt voor het in detail bestuderen van een groot aantal gevallen. Voor dat laatste is TWONFIL ontwikkeld. Binnen TWONFIL worden de golfeigenschappen frequentie-onafhankelijk beschouwd. TWONFIL is gebruikt voor het berekenen van spanningen en stromen in duizenden gevallen. Een beperkt aantal karakteristieke gevallen is in detail bestudeerd met behulp van EMTP.

2e. Lopende-golfbeveiliging gebruikt gefilterde waarden van spanning en stroom en berekent hieruit een aantal detectiefuncties waarmee een kortsluiting op het te beveiligen traject kan worden gedetecteerd. Uitgaande van spanningen en stromen gemeten op verschillende plaatsen en/of tijdstippen, in combinatie met golfimpedantie- en looptijdinstellingen, worden twee detectiefuncties berekend. Wanneer een of beide detectiefuncties een zekere drempel overschrijden start een zogenaamde verificatietijd. Blijven de detectiefuncties boven de drempel gedurende deze tijd, dan wordt er een afschakelcommando naar de schakelaars gestuurd.

Er zijn technieken ontwikkeld ter bepaling van optimale golfimpedantie- en looptijdinstelling, d.w.z. die instelwaarde welke leidt tot de laagste drempelwaarde, en dus tot de snelste afschakeling. De drempelwaarde moet hoger zijn dan de hoogstmogelijke waarde welke optreedt tijdens situaties die niet tot een afschakeling mogen leiden. Daarom is er extra aandacht besteed aan dit soort situaties. Na het bestuderen hiervan en het instellen van afsnijfrequentie, drempelwaarde, looptijd, golfimpedantie en verificatietijd, is de snelheid van de beveiliging bepaald uit het bestuderen van alle mogelijke kortsluitingen op de te beveiligen lijn. De minimale duur van de verficatietijd is bepaald door de maximale duur van de drempeloverschrijding als gevolg van een blikseminslag, welke niet leidt tot een kortsluiting.

Op deze wijze is een tiental methoden beschouwd, waarvan vier in detail. Uit deze grondige studie blijkt dat geen van de andere bestudeerde methoden de betrouwbaarheid van lopende-golfdifferentiaalbeveiliging kan evenaren. Deze methode is in staat elke kortsluiting op de te beveiligen lijn binnen één of twee milliseconden te detecteren zonder het risico van een onterechte afschakeling als gevolg van een gebeurtenis buiten die lijn. De meeste kortsluitingen kunnen zelfs binnen een halve milliseconde worden gedecteerd. De andere methoden zijn veelal wel in staat kortsluitingen snel te detecteren doch niet in alle gevallen of geven in sommige gevallen onterechte afschakelcommando's. Het nadeel van lopende-golfdifferentiaalbeveiliging is de vereiste aanwezigheid van lange, hoogwaardige communicatieverbindingen. Er zijn twee nieuwe methoden ontwikkeld, welke geen gebruik maken van dit soort verbindingen. De eerste methode: "Double Circuit Current Comparison Protection" (DCCCP) is speciaal ontwikkeld voor dubbelcircuitlijnen, de tweede (SOTF) voor het inschakelen van onbelaste lijnen. DCCCP is een eenvoudige methode die geen nauwkeurige instelling van looptijd of golfimpedantie vereist. Deze methode geeft een aanzienlijke versnelling ten opzichte van lopende-golfdifferentiaalbeveiliging, doch vertoont een aantal niet-detecteerbare gevallen.

Conclusie: lopende-golfdifferentiaalbeveiliging is de meest betrouwbare methode; DCCCP is daarentegen sneller en eenvoudiger.

3e. Er is een volledig beveiligingsconcept voor een dubbelcircuitlijn voorgesteld. Hierin zijn drie van de bestudeerde methoden gebruikt, nl. DCCCP, lopende-golfdifferentiaalbeveiliging en SOTF, die tezamen de primaire beveiliging en de reserve ter plaatse vormen. De reserve op afstand wordt gevormd door (conventionele) distantiebeveiliging.

Er zijn voorstellen gedaan voor de technische uitvoering van de lopende golfbeveiligingen in het voorgestelde beveiligingsconcept. Er zijn geen grote technische problemen te verwachten. De communicatieverbinding vereist voor lopende-golfdifferentiaalbeveiliging zou echter een economisch probleem kunnen zijn.

Uit het onderzoek, beschreven in dit proefschrift, blijkt dat de vraag of lopende-golfbeveiliging mogelijk is, met "ja" kan worden beantwoord.

* * *

TIME RESOLVED SWARM STUDIES IN GASES WITH EMPHASIS ON ELECTRON DETACHMENT AND ION CONVERSION

Door Wen, Chuan.
26 september 1989.
Promotor:
Prof.dr.ir. P.C.T. van der Laan.

Isolerende gassen, zoals toegepast in de energietechniek, kunnen ongewenst elektrische doorslag vertonen. Deze doorslag is het gevolg van een buitensporige aangroei van lading. Hierbij zijn verschillende botsings-processen betrokken. Kennis over deze processen, alsook over de transport-grootheden van elektronen en ionen, is daarom van groot belang voor een goed begrip van doorslag in gassen. Doel van dit promotie-onderzoek is om de processen te onderzoeken die verantwoordelijk zijn voor de aangroei van lawines. Hierbij ligt de nadruk op "electron detachment" of "loslating" (negatieve ionen staan hun elektron weer af) en "ion conversion" of "konversie" (instabiele negatieve ionen gaan over in stabiele negatieve ionen), alsook op de effekten van deze processen op de lawine-eigenschappen en op het dielektrische gedrag van de bestudeerde gassen. De twee genoemde processen bepalen de mate waarin "vertraagde" elektronen worden geproduceerd, en worden vertragende processen genoemd. De gehanteerde experimentele techniek is de zogenaamde tijdopgeloste lawinemeting.

Een grondige analyse van de bandbreedte-beperkingen van de tijdopgeloste stroommeting is uitgevoerd. Dit heeft geleid tot een aantal verbeteringen van de meetopstelling. De belangrijkste eigenschappen van het huidige meetsysteem zijn:
(1) elektronen (1 ~ 10 miljoen) worden uit de kathode vrijgemaakt met behulp van een TEA N laser (golflengte 337.1 nm) met een korte pulsduur (0.6 ns);
(2) gevoeligheid en bandbreedte zijn optimaal door het gebruik van een opgedeelde meetelektrode;
(3) de golfvorm wordt vastgelegd met een snelle 9 bit digitizer (bandbreedte 0 ~ 1 GHz); en
(4) elektromagnetische storingen, lopende-golf effekten en de effekten van parasitaire kapaciteiten en zelfindukties zijn minimaal door een zorgvuldig ontwerp van het meetsysteem. De tijdoplossing van de meetopstelling is 1.4 ns.

Een hydrodynamisch model is opgezet dat de volgende processen in rekening brengt: drift van elektronen en ionen, diffusie van elektronen, ionizatie, aanhechting, loslating en konversie. Een analytische oplossing is verkregen voor het komplete model, en voor enkele speciale gevallen (met en zonder diffusie, met en zonder vertragende processen). Fitting programma's zijn ontwikkeld om lawine-parameters te bepalen uit de golfvorm van de gemeten stroom, en in het bijzonder uit de elektronenkomponent van deze stroom.

Tijdopgeloste lawine-metingen zijn uitgevoerd in N_2, SF_6, droge lucht, O_2, 1-C_3F_6, c-C_4F_8 en OCl_2F_2. Afhankelijk van het bestudeerde gas zijn lawine-grootheden, zoals de driftsnelheid en de longitudinale diffusie-koefficienten van elektronen, de effectieve ionisatie-koefficient en de koefficienten voor loslating en konversie, bepaald door de golfvorm van de lawine-stroom te analyseren aan de hand van geschikte modellen. De resultaten zijn geïnterpreteerd in termen van de verantwoordelijke botsingsprocessen.

Speciale aandacht is uitgegaan naar 1-C_3F_6 en c-C_4F_8. Volgens de literatuur worden deze twee gassen gekenmerkt door abnormaal dielektrisch gedrag: ze vertonen een onverwachte druk-afhankelijkheid in de doorslagveldsterkte en in de "schijnbare" lawine-parameters, welke niet verklaard kan worden volgens de gangbare benadering van lawines (een opstelling met een te gering of geen tijdoplossend vermogen, en een model waarin geen vertragende effekten in rekening zijn gebracht). Met de hier gerapporteerde tijdopgeloste metingen is het optreden van vertragende processen in deze gassen duidelijk waargenomen. De analyse van de gemeten stroom-golfvormen laat zien dat deze vertragende processen verantwoordelijk zijn voor het gerapporteerde abnormale dielektrische gedrag.

* * *

ENSEMBLE MONTE CARLO SIMULATION OF ELECTRON TRANSPORT IN ALGAAS/GAAS HETEROSTRUCTURES

Door K. Nederveen.
27 oktober 1989.
Promotoren:
Prof.dr. F.M. Klaassen,
Prof.dr. G. Salmer.

Dit proefschrift behandelt het modelleren van diverse aspekten van het elektronentransport in AlGaAs/GaAs heterostrukturen. Hierbij is gebruik gemaakt van de Ensemble Monte Carlo methode. Bij deze methode wordt de Boltzmann transport vergelijking opgelost met statistische technieken, uitgaande van de waarde van het elektrisch veld en de frekwenties van de mogelijke interakties van een elektron met het halfgeleiderrooster (de verstrooiingsfrekwenties).

In hoofdstuk 2 wordt het principe van de Monte Carlo techniek geschetst, in hoofdstuk 3 gevolgd door een behandeling van de verstrooiingsprocessen die mee zijn genomen voor de in dit proefschrift beschouwde halfgeleiders.

In hoofdstuk 4 wordt eerst de werking van het ontwikkelde computerprogramma getest aan de hand van simulaties aan bulk GaAs, waarbij afwisselend de verstrooiing aan geionizeerde verontreinigingen wel en niet meegenomen wordt. De resultaten komen zowel met de resultaten van andere Monte Carlo berekeningen overeen als met metingen, voor zover beschikbaar.

Aangezien in heterojunkties hoge elektronenkoncentraties kunnen voorkomen aan de GaAs kant van het AlGaAs/GaAs grensvlak, is in bulk GaAs de invloed van degeneratie en elektron-elektron verstrooiing onderzocht. Een bestaand model voor het meenemen van degeneratie-effekten bij lage elektrische velden is uitgebreid en geschikt gemaakt voor hogere velden. Snelheids-veld relaties zijn verkregen in het geval dat de dichtheid van de geionizeerde verontreinigingen en van de elektronen 10 cm bedraagt. Als gevolg van het meenemen an degeneratie treedt een geringe verandering in de snelheid op; een verhoging bij velden tot 10 kV/cm, een verlaging bij hogere velden. De energieverdeling verschuift in zijn geheel naar hogere energiewaarden, vooral bij lage velden. Elektron-elektron verstrooiing veroorzaakt een vergroting van de snelheid in de orde van 10% voor velden van 5 tot 30 kV/cm. Hoewel de gemiddelde energie nauwelijks verandert worden de staarten van de energieverdeling, zowel bij lage als hoge energie, naar het centrum van de verdeling gedrukt. Als gevolg hiervan neemt intervallei verstrooiing in frekwentie af.

Als beide mechanismen tegelijkertijd meegenomen worden, worden hun effekten gesuperponeerd. In zekere zin werken ze elkaar tegen, vooral wat betreft hun invloed op de staart van de energieverdeling bij hoge energie. In het algemeen kan gesteld worden dat het effekt op de transporteigenschappen gering is. Elektron-elektron verstrooiing is de meest dominante van de twee.

In hoofdstuk 5 wordt het elektronentransport langs het AlGaAs/GaAs grensvlak onder invloed van een konstant longitudinaal veld (parallel aan het grensvlak) bestudeerd. Door de Poisson vergelijking eendimensionaal op te lossen wordt het transversale veld op een zelfkonsistente manier verkregen. Effekten van energie-diskretizatie worden verwaarloosd, zodat dezelfde verstrooiingsfrekwentie als in de berekeningen aan bulk GaAs worden gebruikt. De gemiddelde stationaire snelheden parallel aan het grensvlak van de elektronen in het GaAs blijken hoger te zijn dan in bulk GaAs onder invloed van een vergelijkbaar elektrisch veld. Er wordt aangetoond dat zowel real space transfer als het transversale veld verantwoordelijk zijn voor deze toename in snelheid. Beide verminderen ze het aantal elektronen dat in stationaire toestand tussen de Γ- en de L-vallei heen en weer beweegt. Als gevolg hiervan is de gemiddelde snelheid in de Γ-vallei hoger, en daarmee de totale snelheid.

In hoofdstuk 6 wordt een Ensemble Monte Carlo model gepresenteerd voor de High Electron Mobility Transistor (HEMT), waarbij de Poisson vergelijking twee-dimensionaal opgelost wordt. Om te beginnen worden de kriteria opgesomd om tot een numeriek stabiel schema te komen. Hiervan uitgaand wordt een numeriek stabiel tijd-integratie schema afgeleid.

In de eerste plaats zijn de I-V karakteristieken voor een HEMT met gate lengte van 0.3 mm berekend. Verder zijn de klein-signaal parameters, zoals de steilheid, de source-gate kapaciteit en de afsnijfrekwentie bepaald. De hierbij verkregen resultaten zijn kwalitatief in overeenstemming met werk van anderen. Echter zijn de stromen hier hoger, waardoor ook de maximale afsnijfrekwentie hoger is (+ 190 GHz tegen 110 GHz).

Het blijkt dat bij hoge drain spanningen de grootste bijdrage aan real space transfer van GaAs naar AlGaAs aan het eind van de gate afkomstig is van elektronen die zich in de L- en X-valleien bevinden. Hieruit valt af te leiden dat de verzadiging van de stroom vooral veroorzaakt wordt door intervallei verstrooiing in GaAs.

Een verkleining van de gate lengte naar ongeveer 0.1 mm veroorzaakt een verhoging van de maximale afsnijfrekwentie, die vooral veroorzaakt wordt door een vermindering van de source-gate kapaciteit. Hoewel bij grotere interelektrode afstanden de afsnijfrekwenties wat hoger zijn, hebben deze afstanden hierbij weinig invloed.

In hoofdstuk 7 wordt beschreven hoe in een Monte Carlo model voor niet-stationair elektronentransport in een heterojunktie kwantumput, een mechanisme geintroduceerd kan worden om de koppeling tot stand te brengen tussen de opgesloten 2D toestanden in de put en de 3D toestanden in de bulk, met behulp van Fermi's Gulden Regel. Dit nieuwe overgangsproces wordt aangeduid met Quantum Well Transfer.

Het geval van een zogenaamd Quantum Well Escape proces waarbij polair-optische fononen betrokken zijn wordt verder uitgewerkt. In principe kan echter ieder proces, elastisch of inelastisch, met behulp van dit formalisme meegenomen worden. Het Quantum Well Transfer mechanisme kan eenvoudig geimplementeerd worden.

* * *

IDENTIFICATION AND CONTROL OF MIMO INDUSTRIAL PROCESSES: AN INTEGRATION APPROACH

Door ZHU, Yu-Cai.
13 februari 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. P. Eykhoff.

Process identification is concerned with the problem of building mathematical models of dynamical processes based on observations and measurements from the process; process control is concerned with the problem of regulating the process outputs by influencing the inputs of the process, based on the knowledge of process dynamics. This work studies the integration of identification and control for a class of multi-input multi-output (MIMO) industrial processes. The purpose of the research is to explore the advantages of using modern measurement-, modelling (identification)-, systems- and control theories and techniques to serve industry, in order to reduce the pollution, the material and energy consumption, as well as to increase the production flexibility, quality and yields.

The reason for emphasizing *integration* is based on the observation that, on the one hand, many fundamentals of identification and control of linear processes are well established; on the other, hand some other fundamentals which are needed to link identification and control for real applications of the available theories are still missing. One of the missing pieces in identification is a proper description of the model uncertainty in the frequency domain, which is needed for robust control system design. Besides developing some of the missing pieces, we also examine the ways of combining identification and control, because, from a system's point of view, different ways of combination (different structures) will lead to different results.

By integration we also mean to combine theory with practical application. Therefore, much attention is paid to the applicability of the research results and the means of validating the theories and methods are not only mathematical reasoning and computer simulation, but also real life experimental tests.

Chapter 1 is the introduction of the work, which presents the philosophical guideline and the methodology of the research. By comparing Eastern and Western thoughts, it is argued that modern research, especially in natural sciences, is dominated by a reductional, rational and analytical approach; this implies that there is a need to emphasize integration, and intuition. It is shown that the philosophy of integration can be helpful for choosing a research topic and can also bring the light of new ideas. The class of the industrial processes which will be treated in this work is indicated and an example is described. This introduction is methodological rather than a technical one, which is meant to let the people who are not in the field of identification and control understand, at least partly, the basic aims of the work.

In Chapter 2, the asymptotic theory of black-box MIMO process identification is developed. We study the properties of the estimated transfer functions, when allowing the number of measured data and the model order to tend to infinity. The result is simple and physically appealing: it says that the transfer function estimates are asymptotically unbiased; the errors of the estimates follow asymptotically the normal distribution and the covariance is proportional to the noise-to-signal ratio. The development is based on recent work by Ljung and Yuan.

Based on the asymptotic theory, in Chapter 3, a stochastic upper bound matrix of the estimated transfer function matrix is defined; and algorithms are given which calculate both the process model and the upper bound matrix of the modelling errors. Basically the algorithms consist of two steps: high order model estimation and model reduction, which are both numerically reliable and simple. The methods are validated by simulation tests.

Chapter 4 explains how the estimated upper bound matrix can be used to test the robustness of the stability of MIMO linear feedback systems. Different methods are compared. This part is not the original work of the author, but it is needed for the completeness. Also a practical procedure is proposed which starts from identification experiment design, and ends up with control system implementation. The procedure shows how the derivation of the upper bound matrix of modelling errors bridges the gap between identification and robust control.

In Chapter 5, a new scheme for combining identification and control

is proposed. This method can overcome difficulties which can happen for industrial processes like: – the process has some nonlinearity and some time variation, – the process in open loop is unstable or nearly unstable. The method can be called a "two-step scheme": first use a primary controller for stabilizing the loop and/or for reducing the effects of nonlinearity and time variation; then identify this closed loop system; finally design a second loop controller based on the closed loop system model in order to optimize the system performance. This work shows that for control system design, identification of the process dynamics inside the closed loop is not really necessary. A laboratory experiment is performed to validate the idea.

Chapter 6 presents some results of an industrial application of the theories and techniques developed in this thesis. The problem is to improve the control strategy for a quartz glass tube production process, in order to achieve a better disturbance reduction (increase the product quality). A new input design is performed in order to improve the process model quality at low frequencies. The robust stability analysis shows that there is some room left for improving the feedback control; then the feedback controller is adjusted for improving disturbance reduction while keeping the system robustly stable. The result of the new control will be compared with that of the existing control.

Chapter 7 gives the conclusions on the investigation and some thoughts for further research.

* * *

A FORMALISATION OF DESIGN METHODS

A l-calculus Approach to System Design with an Application to Text Editing

Door L.M.G. Feijs.
23 februari 1990.
Promotoren:
Prof.dr. F.E.J. Kruseman Aretz,
Prof.dr. J.A. Bergstra.

Het onderzoek dat in het proefschrift beschreven wordt, heeft formalisering van ontwerpmethoden voor complexe systemen als onderwerp. Het bestaat uit twee delen: een eerste deel met een theoretisch karakter en een tweede deel waarin een aantal van de resultaten van het eerste deel aan een complex ontwerpprobleem worden getoetst.

Centraal in het eerste deel staat het begrip "ontwerp van een systeem". In het algemeen is een systeem opgebouwd uit modules, en bestaan er relaties tussen die modules onderling (meestal in de vorm van een hiërarchische opbouw) en tussen modules en specificaties daarvan – een relatie die wij implementatierelatie noemen. Daarbij staan wij binnen een ontwerp toe dat modules en hun specificaties naast elkaar bestaan met een verschillende graad van detaillering. Het begrip ontwerp (design) blijkt gefundeerd te kunnen worden op een speciale versie van l-calculus, de lp-calculus, die in het proefschrift wordt ontwikkeld. Op basis daarvan is het tevens mogelijk diverse methodologisch inzichtelijke correctheidsbegrippen voor ontwerpen te introduceren. Deze begrippen, die betrekking hebben op "information hiding", worden op deze wijze van een wiskundig-logische grondslag voorzien. Aangetoond wordt dat er verbanden bestaan tussen correctheidsbegrippen voor ontwerpen enerzijds en reductiestrategieën voor lp-calculus anderzijds.

Uitgaande van het formele ontwerpbegrip kunnen correctheidsbehoudende transformaties op ontwerpen gedefinieerd worden. Een belangrijke rol speelt het feit dat ontwerpen in het algemeen samengesteld worden uit componenten en dat, onder zekere voorwaarden, correctheid van het geheel uit die van de delen kan worden afgeleid. Diverse ontwerpstrategieën, waaronder de welbekende "top-down" methoden, blijken strikt formeel gekarakteriseerd te kunnen worden met de in het proefschrift geïntroduceerde begrippen. Met behulp van deze aanpak kan een zeer duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de statische en de dynamische aspecten van het proces van software-ontwikkeling, hetgeen bijdraagt ot een beter inzicht in het proces van software-ontwikkeling.

Het tweede gedeelte is een case-study. Het omvat de specificatie en een daaruit met de top-down methode ontwikkelde realistische implementatie van een tekst-verwerker. Beide zijn uitgevoerd met behulp van de ontwerptaal COLD die mede op de resultaten uit het eerste deel is gebaseerd. Bij de implementatie van de tekst-verwerker worden enerzijds de abstracte specificaties getransformeerd tot algoritmen en worden anderzijds de data-typen verfijnd door het kiezen van geschikte representaties via meerdere niveaus van verfijning. Deze studie laat zien dat de gebruikte technieken leiden tot systematische aanpak, een goed gestructureerd en tevens efficiënt product en een redelijk toegankelijke documentatie. Tevens toont ze aan dat er nog mogelijkheden te over zijn voor verdere uitbouwing van theorie, gereedschappen en door toepassing verkregen ervaringen.

* * *

THE SIMPLEXYS EXPERIMENT

REAL TIME EXPERT SYSTEMS IN PATIENT MONITORING

Door J.A. Blom.
11 mei 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J.E.W. Beneken,
Prof.dr. A. Hasman.

Deze dissertatie beschrijft SIMPLEXYS, een verzameling gereedschappen om real time expert systemen te ontwerpen en te ontwikkelen. Het centrale gereedschap is een nieuwe expert systeem programmeertaal die in het bijzonder is bedoeld om problemen op het gebied van patiëntbewaking en klinische regelsystemen te formuleren en op te lossen.

SIMPLEXYS expert systemen zijn sneller en veiliger dan vele andere. Hun snelheid wordt veroorzaakt door het feit dat de Inference Engine van SIMPLEXYS gebaseerd is op een algoritme dat slechts lineair met de tijd is. Tijdens het inferentieproces is zoeken niet nodig; zoeken wordt gedaan door een compiler, die het kennisbestand converteert naar een interne vorm die met hoge snelheid kan worden verwerkt. Dit is essentieel in real time expert systemen.

De veiligheid van SIMPLEXYS expert systemen berust op de vele wijzen waarop de correctheid van het kennisbestand gecontroleerd kan worden; ook dit is mogelijk vanwege het feit dat het kennisbestand wordt gecompileerd. De compiler creëert een dynamisch en een statisch netwerk, waarvan de eigenschappen kunnen worden geanalyseerd ten aanzien van een veelheid van criteria waaraan voldaan moet zijn wil het kennisbestand correct zijn.

Basis-aspecten van de SIMPLEXYS taal zijn de implementatie van goals (doelstellingen), die beschrijven wat er gedaan moet worden, en van protocols, die beschrijven wanneer iets gedaan moet worden. Protocols duiden een context aan, die specificeert welke van de doelstellingen gevolgd moet worden. Protocols kunnen op efficiente wijze antwoord geven op de meeste vragen die een temporele logica kan beantwoorden.

Eigenschappen van de SIMPLEXYS taal zijn 1) dat zij de expert systeem ontwerper in staat stelt zowel symbolische als procedurele kennis als ook de wijze waarop deze samenhangt duidelijk en beknopt weer te geven, 2) dat de kennis vertaald kan worden naar een interne representatie die snel kan worden gemanipuleerd door zelfs een kleine

computer, 3) dat de correctheid van de kennis op een aantal verschillende manieren gecontroleerd kan worden, en 4) dat zij geschikte en efficiente methoden biedt om berekeningen uit te voeren en om met de "buitenwereld" te communiceren.

De basis-eenheid van de taal is de regel. Regels hebben in SIMPLEXYS niet de bekende 'als... dan...' vorm van de productie-systemen, maar de vorm van een definitie,'... is gedefinieerd als...'. Hieruit, en uit de driewaardige logica die in SIMPLEXYS wordt gebruikt, volgt nog een belangrijk verschil met de productie-systemen: een conclusie heeft in SIMPLEXYS de waarde onbekend indien voor die conclusie noch waar, noch onwaar kan worden afgeleid; in productie-systemen is een conclusie onwaar tenzij waar kan worden afgeleid. Nog een verschil is dat in SIMPLEXYS uit een regel meerdere conclusies kunnen volgen. Deze eigenschappen leiden tesamen tot de mogelijkheid het kennisbestand op een aantal mogelijke vormen van inconsistentie te controleren; veel van deze controles kunnen reeds worden uitgevoerd bij het vertalen van de kennis naar zijn interne representatie.

Naast de taal zijn andere gereedschappen die SIMPLEXYS aanbiedt: de 'Rule Compiler' en zijn extensies, die de kennis vertalen en controleren, de 'Inference Engine' die het redeneermechanisme incorporeert, en de 'Tracer/Debugger', die het redeneerproces zoals dat plaatsvond tijdens het in bedrijf zijn van een expert systeem kan analyseren.

Hoofdstuk 1 geeft een algemene beschrijving van de doelstelling van het SIMPLEXYS experiment: het leveren van een aantal gereedschappen om een welbepaalde klasse problemen op het gebied van patiëntbewaking op te lossen.

Hoofdstuk 2 biedt enige achtergrondinformatie over expert systemen en beschouwt in het bijzonder de eisen die gesteld moeten worden en de problemen die tegemoet gezien kunnen worden bij het toepassen van real time expert systemen; in het bijzonder zijn de geringe executiesnelheid van regel-gebaseerde expert systemen, veroorzaakt door de tijd die nodig is voor zoeken, en de onvoorspelbaarheid van de responstijd van het systeem problemen die een oplossing behoeven.

Hoofdstuk 3 beschouwt hoe medische problemen opgelost worden, in het bijzonder in de patiëntbewaking in de anesthesie. SIMPLEXYS formaliseert de hypothetico-deductieve methode van probleem-oplossen en de onder de naam protocol bekend staande modellen die het diagnostische en therapeutische handelen beschrijven. Ook wordt het verband gelegd met machinaal redeneren en met de methodologie voor het oplossen van problemen die in SIMPLEXYS wordt gehanteerd. Dit hoofdstuk besluit met enige zaken die van belang zijn bij het ontwerp van een nieuwe programmeertaal, die immers een bepaalde klasse problemen kan oplossen gegeven een aantal handige en toepasselijke bouwstenen.

Hoofdstuk 4 biedt het noodzakelijke inzicht in en een motivatie voor de eigenschappen van de SIMPLEXYS taal. De eenvoud en helderheid van de basis-elementen van de taal, de efficiëntie van de evaluatie daarvan, en de toepasselijkheid ervan voor het probleem-domein worden benadrukt.

Vervolgens geeft hoofdstuk 5 een gedetailleerde beschrijving van alle basis-elementen van SIMPLEXYS en hoe ze gebruikt worden, het beschrijft de diverse gereedschappen, en het geeft enig inzicht in de executie-snelheid van SIMPLEXYS expert systemen. In het bijzonder wordt aangetoond dat het redeneermechanisme van SIMPLEXYS bij benadering lineair is met de tijd. Dit is onder andere een gevolg van het feit dat het inferentie-mechanisme niet behoeft te zoeken.

Hoofdstukken 6 en 7 beschrijven in detail hoe de semantiek van het kennisbestand gecontroleerd kan worden. Controle is mogelijk omdat de regels, de elementaire kennisentiteiten, verbonden worden tot een netwerk dat aan bepaalde van te voren gespecificeerde eigenschappen moet voldoen. Hoofdstuk 6 beschouwt de correctheid van de statische aspecten van de kennis zoals contradicties en circulaire definities, en hoofdstuk 7 de dynamische aspecten zoals de mogelijkheid het einde van het protocol te bereiken.

Hoofdstuk 8 beschouwt hoe gehandeld kan worden indien een real time expert systeem een grote hoeveelheid snel veranderende gegevens moet verwerken. Gegevensverwerkende algoritmes kunnen de gegevens samenvatten en symbolische 'eigenschappen' berekenen die het expert systeem vervolgens op symbolisch niveau kan verwerken. In de gegevens kunnen ook artefacten aanwezig zijn; deze dienen gedetecteerd te worden omdat het expert systeem anders foutieve conclusies zou kunnen afleiden tengevolge van gecorrumpeerde informatie. Naast enkele zaken betreffende de invoer van gegevens en gegevensverwerking biedt dit hoofdstuk een methodologie om de 'eigenschappen' van fysiologische signalen te extraheren en om die te valideren.

Hoofdstuk 9 beschrijft een van de toepassingen van SIMPLEXYS, een bloeddrukregelaar, waarvan het de taak is door middel van infusie van natrium-nitroprusside de bloeddruk van een patient op een kunstmatig verlaagd niveau te stabiliseren. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de beschikbare kennis op het gebied van natrium-nitroprusside, automatische regelaars die deze stof toedienen, in het bijzonder die van het PID-type, en de adaptatie van de eigenschappen van de regelaar die noodzakelijk is vanwege de grote spreiding van de gevoeligheid in patienten. Enkele implementatie-details, die laten zien hoe protocols gebruikt worden om verwachtingen te specificeren, worden beschreven. Het hoofdstuk besluit met een overzicht van de performance van de regelaar en met enkele van de opmerkingen van de ontwerper van het systeem over de rol die SIMPLEXYS speelde bij het ontwerp.

Tenslotte concludeert hoofdstuk 10 dat SIMPLEXYS een geschikt assortiment hulpmiddelen biedt om real time expert systemen van hoge kwaliteit te kunnen realiseren op het gebied van patiëntbewaking.

* * *

INTELLIGENT ALARMS IN ANESTHESIA, A REAL TIME EXPERT SYSTEM APPLICATION

Door J.J. van der Aa.
11 mei 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J.E.W. Beneken,
Prof. J.S. Gravenstein M.D., Dr. h.c.
(University of Florida).

Voor operaties en pijnlijke procedures wordt een patiënt onder narcose gebracht. Tijdens de anesthesie wordt de patiënt bewaakt om het anesthesienivo te regelen, ongewenste veranderingen in de toestand van de patiënt te onderkennen en ter herkenning van eventuele menselijke fouten of mechanische problemen, voordat deze tot catastrofale gevolgen kunnen leiden. Het aktiveren van een alarm heeft dan ook tot doel om vroegtijdig een mogelijk probleem te signaleren. Helaas zijn de huidige alarmsystemen nauwelijks van enige klinisch nut: ze zijn te beperkt. Een intelligenter alarmsysteem hoeft zich niet alleen te beperken tot het kunnen herkennen van mogelijke gevaarlijke situaties, maar kan daarnaast ook de anesthesist behulpzaam zijn in de lokalisering van het probleem en het bepalen van de urgentie ervan. In deze dissertatie wordt de ontwikkeling beschreven van zo'n intelligent alarmsysteem, bedoeld voor patiënten onder narcose, die beademd worden met een ventilator.

Het is de taak van de anesthesist om de patiënt onder narcose te brengen voor een operatie, zo goed mogelijk onder narcose te houden en hem erna weer te doen ontwaken.

In de Verenigde Staten van Amerika wordt een patiënt voornamelijk onder narcose gebracht met behulp van door specifieke apparatuur toegediende gassen en dampen, plus intra-veneuze narcotica (Hfdst. 2).

Anesthesie is niet zonder mogelijke nadelige gevolgen. De verdovende middelen, die gebruikt worden, hebben bijwerkingen. Daarnaast kunnen zowel chirurg als de anesthesist de patiënt in gevaar brengen door de klinische interventies. Bovendien kunnen bestaande ziektes het risico van de patiënt vergroten. Met het gebruik van patiënt-bewakingsapparatuur kunnen een aantal van deze nadelige gevolgen vroegtijdig ontdekt of voorkomen worden (Hfdst. 3).

Een alarm heeft tot doel om een mogelijk probleem onder de aandacht van de anesthesist te brengen, die mogelijk overbelast of afgeleid kan zijn. Maar dikwijls helpt het huidige alarmsysteem de anesthesist niet: de alarmen zijn niet specifiek, nauwelijks geïntegreerd, gevoelig voor artefacten en erg luidruchtig. Naast deze beperkingen moet de anesthesist alle alarmgrenzen van de patiënt-bewakingsapparatuur instellen. Dit is op zichzelf al een aanzienlijke taak, als gevolg van het aantal grenzen. Mogelijke verbeteringen in deze situatie zijn te verwachten van benaderingen die het makkelijk maken om de alarmgrenzen in te stellen, die ongevoelig zijn voor artefacten, die de redundantie tussen signalen weten te gebruiken en die signalen van verschillende bronnen weten te correleren. Dit resulteert vervolgens in een boodschap voor de anesthesist, welke niet alleen de mogelijke oorzaak aangeeft, maar ook de mogelijke lokatie en urgentie (Hfdst. 4). De gebreken in de huidige alarmsystemen en de mogelijke verbeteringen worden beschreven met behulp van een uitgewerkt voorbeeld betreffende hypoxie (Hfdst. 5). Een intelligent alarmsysteem ontdekt niet alleen veranderingen in de toestand van de patiënt, maar assisteert bovendien in het vinden van de mogelijke oorzaak.

Een analyse van gedocumenteerde oorzaken van nadelige gevolgen van anesthesie voor de patiënt gaf aan, dat problemen met de kunstmatige beademing de meest frequente oorzaak waren. Dit suggereerde dat een systeem, dat gespecialiseerd zou zijn op het onderkennen van deze problemen, het meest profijt zou opbrengen. Dit werd verder uitgewerkt en voor de implementatie werd de expertsysteem-benadering gekozen. Immers, ook de anesthesist wordt, bij het zoeken naar de oorzaak van problemen, geleid door zijn expertise verkregen door jarenlange praktijkervaring (Hfdst. 5).

De basisbegrippen van expert-systemen worden vervolgens beschreven. Omdat er geen geschikt commercieel real time expertsysteem gevonden kon worden waarmee het intelligente alarmsysteem kon worden ontworpen, is SIMPLEXYS ontwikkeld, dat nu is uitgegroeid tot een compleet en essentieel stuk gereedschap, waarmee real time expertsystemen gecreëerd kunnen worden. SIMPLEXYS bezit een eigen syntax voor het opstellen van regels, een compileer-programma voor de SIMPLEXUS-regels naar "C"-programmeercode, ingebouwde testen voor consistentie en semantische geldigheid, en een "inference engine" (Hfdst. 6).

Dat het inderdaad mogelijk is om een expert systeem te creeren dat in staat is om alarmering op een intelligenter peil te brengen, is aangetoond door de ontwikkeling (in fasen) van een prototype voor de detektie van abnormale en potentieel gevaarlijke situaties bij de kunstmatig beademde patiënt onder narcose. Zo kunnen er een aantal oorzaken aangegeven worden voor deze problemen, zoals hypoxie, onderbeademing of problemen met het beademingscircuit. In de eerste fase van het projekt is een prototype ontwikkeld, dat in staat was foutencondities in het beademingscircuit te ontdekken. Dit was gebaseerd op de verwerking van signalen, welke op drie verschillende plaatsen in het beademingscircuit gemeten werden: partiële CO_2-druk bij het T-stuk, druk in het inademingsgedeelte van het beademingscircuit en de gasvolumestroom in het uitademingsgedeelte van het circuit (Hfdst. 7). Dit eerste prototype was in staat om 88% van de foutencondities welke geïntroduceerd waren met behulp van de Gainesville Anesthesie Simulator (GAS), te ontdekken binnen 30 seconden. Dit prototype demonstreerde ook de inzetbaarheid van SIMPLEXYS en toonde bovendien aan dat het inderdaad mogelijk is, op basis van een analyse van de verandering in de signaalvorm van de gemeten signalen, fouten in het beademingscircuit te onderscheiden, zoals: niet-werkende inademingsklep, niet-werkende uitademingsklep, een verzadigde CO_2-absorber, en verstoppingen van het T-stuk, de inademings- of de uitademingsbuis. De resultaten van tests, die uitgevoerd waren tijdens operaties, gaven aan dat het prototype geen valse alarmeringen produceerde.

Een tekortkoming van het eerste prototype was, dat het, wanneer de anesthesist de instelling van het beademingstoestel of de gasvolumestroom veranderde, dit niet kon waarnemen en daarom deze veranderingen ten onrechte aan de toestand van de patiënt toeschreef. Het tweede prototype detecteert automatisch veranderingen in de gasvolumestroom met behulp van een opnemer, terwijl veranderingen die op het beademingstoestel worden aangebracht, ontdekt worden door aan het eind van een ademteug de huidige instellingen te vergelijken met de vorige instellingen. De ventilator is hiertoe uitgerust met de mogelijkheid om met de computer de instellingen op te vragen (Hfdst. 8). Dit tweede prototype detecteerde 96% van de met GAS geïntroduceerde foutencondities, maar belangrijker, het prototype reageerde correct op aangebrachte veranderingen in de instellingen. Het gedrag van dit prototype is vervolgens onderzocht, terwijl gelijktijdig twee foutencondities werden geïntroduceerd.
In alle gevallen werd minstens één van de fouten correct ontdekt.

Wanneer vast staat dat er geen foutencondities in het beademingscircuit voorkomen, dan moet een mogelijke oorzaak voor bijvoorbeeld een onvoldoende beademing gezocht worden in het licht van een mogelijk optredende veranderingen in de patiënt. Zo kunnen onder meer de verwachte eindexpiratoire CO_2-concentraties (P_{et} CO_2), berekend op basis van gewicht, de lengte en het geslacht van de patiënt vergeleken worden met de gemeten waarden.
Wanneer de berekende en de gemeten waarden niet overeenstemmen, dan moet naar een mogelijke oorzaak voor deze discrepantie worden gezocht. Dit is uitgewerkt in een derde prototype (Hfdst. 9). Het derde prototype is geëvalueerd met GAS in dierproeven (schapen). Tijdens de evaluatie werden zowel foutencondities in het beademingscircuit (vergelijkbaar met Prototype 1), alsook fysiologische verstoringen geïntroduceerd. Dit prototype identificeerde de geïntroduceerde foutenconditie in het beademingscircuit in 88% van de gevallen. Bij de fysiologische verstoringen werd in 100% van de gevallen een boodschap gegenereerd, die correct was voor de onderkenning van het probleem. Deze boodschap werd veelal gegenereerd voordat de traditionele patiënt-bewakingsapparatuur een alarm genereerde.

De drie ontwikkelde prototypes worden met elkaar vergeleken. Ook wordt een vergelijking getrokken tussen het intelligent alarmsysteem en bestaande patiënt-bewakingsapparatuur, -welke nu routinematig in operatiekamers wordt aangetroffen. Aanbevelingen en suggesties voor verbetering worden tenslotte aangegeven, die de inzetbaarheid van het systeem zouden vergroten (Hfdst. 10).

* * *

NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING OF ANESTHETIC DEPTH

Door P.J.M. Cluitmans.
26 juni 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ir. J.E.W. Beneken,
Prof.dr. L.H.D.J. Booij.

In dit proefschrift is een onderzoekproject beschreven dat tot doel had een gemakkelijk te gebruiken, objectieve en betrouwbare methode ter bepaling van anesthesiediepte te ontwikkelen.

In hoofdstuk 2 wordt beschreven dat algehele anesthesie bestaat uit vier componenten:

- bewustelooosheid ("slaap", "hypnose")
- onderdrukking van het verwerken van pijnprikkels (analgesie)
- verminderen van autonome reflexen
- onderdrukken van de spierfunkties (relaxatie)

De moderne gebalanceerde anesthesietechniek maakt het mogelijk om door gebruik van combinaties van verschillend werkende stoffen de vier aspekten van anesthesie min of meer onafhankelijk van elkaar te regelen. Daarmee kan de oorspronkelijke manier van anesthesiediepte bepaling niet meer gebruikt worden. In de afgelopen jaren zijn er diverse meetbare parameters voorgesteld als mogelijke indicatoren voor anesthesiediepte, maar tot nu toe is er nog geen algemeen bruikbare en betrouwbare techniek voorhanden. De behoefte aan zulk een meetmethode wordt echter geïllustreerd door een toenemend aantal gevallen van bewustzijn tijdens een operatie.

In Hoofdstuk 3 is een methodologie beschreven die is gebruikt om de korrelatie tussen neurofysiologische grootheden en klinisch bepaalde anesthesiediepte te onderzoeken. Daarbij wordt een indicatie van het nivo van anesthesie door de anesthesist, gebaseerd op klinische waarnemingen en metingen gebruikt als referentie voor de evaluatie van zo'n potentiële nieuwe anesthesiemonitor.

Hoofdstuk 4 behandelt de conventionele neurofysiologische meettechnieken zoals die tegenwoordig worden toegepast.
Het gebruik ten behoeve van anesthesie wordt echter belemmerd door diverse technische en praktische nadelen.
Door de recente technologische ontwikkelingen kunnen verschillende van deze technieken nog steeds worden beschouwd als mogelijke toekomstige anesthesie monitors.
In het onderhavige onderzoek is gekozen voor auditieve evoked potential parameters die werden getest als mogelijke indicatoren voor het nivo van anesthesie. Hiermee wordt de respons van een zenuwbaan ten gevolge van een gehoorprikkel bepaald. Als een onderdeel van het onderzoek zijn bestaande artefact detectie methoden uitgebreid door het gebruik van frekwentie kriteria en het optimaliseren van de drempels voor signaalparameters bij de detectie van verstoringen.

Hoofdstuk 5 beschrijft een nieuwe techniek die is ontwikkeld om niet-lineaire analyse van auditieve evoked potentials mogelijk te maken. Evenals bij de conventionele techniek, worden er hier meerdere zintuigprikkels toegediend, maar het tijdsinterval tussen opeenvolgende prikkels is niet meer konstant. Ook is de gemiddelde stimulus frekwentie vele malen hoger dan de vaste frekwenties die bij de conventionele evoked potential techniek gebruikelijk zijn. Evenals bij de eerder genoemde techniek wordt bij deze z.g. niet lineaire analyse (NLA) ook de gemiddelde respons van een zenuwbaan ten gevolge van enkele stimuli bepaald. Deze gemiddelde respons wordt de eerste orde kernel, of h_1 genoemd. Door de gebruikte hoge gemiddelde stimulusfrekwentie kan zo'n respons in principe vele malen sneller worden verkregen dan bij de conventionele techniek. Als de zenuwbaan die de respons genereert te beschouwen is als een lineair systeem zal de eerste orde kernel gelijk zijn aan de conventionele evoked respons.
Als er echter significante verschillen zijn waar te nemen tussen de twee types van responsen, dan duidt dit op niet-lineariteiten die een belangrijke rol spelen bij de prikkeloverdracht. Deze niet-lineariteiten kunnen worden gekwantificeerd aan de hand van de zogenaamde recovery kernels, die worden bepaald uit dezelfde meetgegevens die nodig zijn voor het uitrekenen van de eerste orde kernel.

In Hoofdstuk 6 wordt de apparatuur die is ontwikkeld en gebruikt voor het onderzoek beschreven. Alle apparatuur is gebaseerd op algemene personal computers.

In Hoofdstuk 7 worden de methoden beschreven die zijn gebruikt bij de data reductie en de uiteindelijke statistische analyse van de meetgegevens die tijdens het onderzoek zijn verzameld.

Hoofdstuk 8 beschrijft een laboratorium studie met katten onder Isofluraan-lachgas anesthesie waarin de effecten hiervan op de resultaten van conventionele en niet-lineaire analyse werden bestudeerd.

Hoofdstuk 9 beschrijft een klinische studie die is verricht om de effecten van totaal-intraveneuze propofol-alfentanyl anesthesie op evoked potential parameters te onderzoeken.
In beide studies werd aangetoond dat de vorm van de eerste orde kernel gelijk is aan die van de conventionele evoked potential. De amplitudes van de h_1 golfvorm zijn echter significant kleiner. Dit duidt dus op belangrijke niet-lineariteiten. De relatieve veranderingen ten opzichte van de referentiecurve ten gevolge van dieper wordende anesthesie blijken echter voor beide soorten responsen vergelijkbare resultaten opleveren. De eerste orde kernel heeft echter een potentieel voordeel van een kortere benodigde meettijd. Bij overgangen van en naar lichtere nivo's van anesthesie blijken er monotone veranderingen in zowel amplitudes als latenties van beide types responsen op te treden.

De kwantificatie van niet-lineaire eigenschappen zoals die bepaald zijn in de laboratorium studie van Hoofdstuk 8 laten zien dat de respons op een enkele stimulus sterk wordt onderdrukt door het kort tevoren optreden van een andere stimulus. Deze inhibitie vermindert snel bij een toenemende tijd tussen de stimuli. Er werden geen significante veranderingen waargenomen in de niet-lineaire eigenschappen van de auditieve prikkeloverdracht bij verschillende nivo's van anesthesie. De niet-lineaire eigenschappen bij de metingen die tijdens de klinische studie zijn verzameld konden niet worden bepaald door de sterk gereduceerde amplitude van de recovery kernels.

De algemene conclusie van het onderzoek dat wordt beschreven in dit proefschrift is, dat meting van anesthesiediepte met behulp van auditieve evoked potentials mogelijk is, maar dat de praktische en technische toepasbaarheid van de technieken nog verbeterd moet worden aleer een algemeen geaccepteerde "anesthesiemeter" in gebruik zal worden genomen.

A NEW APPROACH TO IMMUNOFET OPERATION

Door R.B.M. Schasfoort.
24 november 1989.
Promotoren:
Prof.dr.ir. P. Bergveld,
Prof.dr. J. Greve.

Het onderzoek dat beschreven is in dit proefschrift betreft de ontwikkeling van een immunosensor die gebaseerd is op antilichamen en een "Ion sensitive Field Effect Transistor" (een zogenaamde ImmunoFET). Toen dit onderzoek begon, bestond er nog geen werkende ImmunoFET die gebaseerd was op de directe detectie van ladingsveranderingen ten gevolge van een immunologische reactie. Dankzij dit onderzoek is het inzicht in het basisconcept van een ImmunoFET verbeterd. Bovendien is middels een nieuwe methode, de haalbaarheid van het meten van immunologische reacties met een ImmunoFET aangetoond.

Hoofdstuk 1 is een algemene introductie en bevat een beschrijving van de eigenschappen van antistoffen die gebruikt worden als selecterend element in de ImmunoFET. Verder wordt iets over basis ISFET technologie en de werking van ISFETs verteld.

In hoofdstuk 2 worden de mogelijkheden en beperkingen van ISFETs als eiwitsensor behandeld. Allereerst wordt een overzicht van de literatuur betreffende potentiometrische detectie van eiwitten gegeven. Directe detectie van diffuse ladingen van eiwitten wordt in detail besproken. Op grond van theoretische overwegingen moeten we concluderen dat directe detectie van eiwitladingen met ISFETs niet mogelijk is, omdat de (Donnan) potentiaal die opgebouwd wordt in een eiwit gepaard gaat met een interne pH verandering die vervolgens de oppervlaktepotentiaal van de ISFET beïnvloedt. Dit zal resulteren in een compensatie van potentialen waardoor geen drempelspanningsverandering in de ISFET optreedt. Een belangrijke conclusie die getrokken kan worden, is dat indien de pH-gevoeligheid van de ISFET verminderd wordt, bijv. door een chemische behandeling van de gate, het in principe mogelijk is om de Donnan potentiaal van eiwitten te meten. Problemen als beïnvloeding van het signaal door ionsterkte, de pH en afstand tot het gate oppervlak, alsmede de intrinsieke drift van de ISFETs zullen echter blijven bestaan.

In hoofdstuk 3 wordt het experimentele bewijs geleverd dat in een immuuncomplex de geleidbaarheid anders is dan in de vloeistof. Uit impedantiemetingen aan een immunologisch precipitaat is gebleken dat de geleidbaarheid zelfs groter is dan de geleidbaarheid van de buffer oplossing. Dit betekent dat een immuuncomplex beschouwd kan worden als een zeer poreus, geladen netwerk met een geleidbaarheid die afhangt van het type immuuncomplex, de elektrolietconcentratie en de pH van de oplossing.

Het centrale hoofdstuk van dit proefschrift is hoofdstuk 4. Hierin wordt een nieuwe methode beschreven (de zogenaamde ion-stap methode) die gebruikt kan worden om ladingsveranderingen in een membraan tengevolge van eiwitadsorptie te meten. Door een sprong in de elektrolietconcentratie ontstaat er een kortstondig transport van ionen door het membraan wat resulteert in een tijdelijke membraanpotentiaal die gemeten wordt door de ImmunoFET. De loopsnelheid van ionen wordt beïnvloed door de vaste ladingsdichtheid in het eiwitmembraan, die verandert door interactie met andere eiwitten of door vorming van antigeen-antistof complexen. Een empirische relatie is opgesteld om het maximum van de membraanpotentiaal te relateren aan de lading van het membraan en de pH van de bufferoplossing.

In hoofdstuk 5 wordt een theoretische beschrijving van de ion-stap methode gegeven. De empirische formule van hoofdstuk 4 wordt vergeleken met de theorie van Teorell, Meyer en Sievers (TMS) die algemeen geaccepteerd wordt voor de beschrijving van ionentransport door geladen membranen. Aangetoond wordt dat de experimenten uitgevoerd worden in het diffusiegebied van de membraanpotentiaal/zoutconcentratie curve. Bovendien worden nog verscheidene experimenten behandeld van metingen onder verschillende condities. Hoewel er nog onbegrepen verschijnselen waargenomen worden, zoals bij de resultaten van ion-stap experimenten met verschillende zouten, kan in vele gevallen de TMS vergelijking gebruikt worden om de effecten te beschrijven.

Hoofdstuk 6 laat een toepassing van de ion-stap methode zien. Het ongeladen hormoon progesteron kan gemeten worden door een competitie uit te voeren met een progesteron molecuul waar een ladingslabel chemisch aan gekoppeld is. Met dit modelsysteem kon het verschil tussen de niet specifieke adsorptie en de immunologische reactie ondubbelzinnig aangetoond worden. Een detectielimiet van 10^{-8}M werd gehaald.

In hoofdstuk 7 worden enige technologische aspecten met betrekking tot de ion-stap methode belicht. De ImmunoFETs en de inkapselingsmethode zijn aangepast om de ImmunoFETs lekvrij in een doorstroomsysteem te monteren. Verder worden verschillende membraanmaterialen voor toepassing met de ion-stap techniek besproken. Speciale aandacht wordt besteed aan het polystyreen bolletjes-agarose membraan.

Tenslotte worden in hoofdstuk 8 suggesties voor verder onderzoek en een evaluatie van de ImmunoFET als biosensor gegeven.

* * *

INTEGRATING RELIABILITY ANALYSIS IN THE DESIGN PROCESS OF ELECTRONIC CIRCUITS AND SYSTEMS

Door A.C. Brombacher.
15 maart 1990.
Promotor:
Prof.dr.ing. O.E. Herrmann.

Dit proefschrift beschrijft een methode voor het verrichten van bedrijfszekerheidsanalyse als deel van het ontwerpproces van elektronische schakelingen. Aangezien deze methode speciaal ontwikkeld is voor consumentenelektronica legt dit proefschrift op deze categorie van elektronische systemen de nadruk. Het is echter ook mogelijk de hier beschreven methode te gebruiken voor andere categorieën elektronica. De hier gepresenteerde methode is in de praktijk getest op drie verschillende circuits: twee schakelende voedingen en een "motor-driver" circuit. Alle hier beschreven schakelingen worden gebruikt in de huidige generatie Philips videorecorders.

Hoofdstuk één van dit proefschrift beschrijft de huidige positie van de bedrijfszekerheidsanalyse in het produktieproces van consumentenelektronica. Hierbij wordt de nadruk gelegd op de noodzaak bedrijfszekerheids -analyse en -optimalisatie op te nemen in het ontwerpproces. Tevens worden eisen voor een dergelijke geïntegreerde vorm van bedrijfszekerheidsoptimalisatie afgeleid.

Het tweede hoofdstuk onderzoekt de bestaande bedrijfszekerheids-

analysemethoden op bruikbaarheid voor dit doel. Hiertoe worden eerst de achtergronden van de bestaande analysemethoden behandeld. Het tweede gedeelte van dit hoofdstuk past de traditionele analysemethoden toe op een drietal praktische circuits. De daadwerkelijke bedrijfszekerheidsgegevens worden vergeleken met de, volgens traditionele modellen, verkregen predictie. Belangrijke conclusie is dat traditionele modellen in dit geval zeer slecht bruikbaar blijken te zijn. Ten eerste zijn de verschillen tussen de verschillende modellen aanzienlijk, ten tweede zijn de verschillen tussen praktische gegevens en voorspelde gegevens te groot om van een zinvolle benadering te kunnen spreken. Daarom wordt een nieuw stelsel van eisen afgeleid waaraan een alternatieve benadering dient te voldoen.

In het derde hoofdstuk wordt een nieuwe methode van bedrijfszekerheidsanalyse afgeleid. Deze methode is gebaseerd op *stressor/ susceptibility* interactie.

- Stressors worden gedefinieerd als factoren welke een invloed hebben op de faalkans van een component.
- Onder susceptibility wordt de vatbaarheid van een faalmechanisme voor een stelsel van stressors verstaan.

Een voordeel van deze nieuwe methode is de mogelijkheid ook effecten van tolerantie en drift te analyseren.

De ontwikkeling van susceptibility modellen voor praktische componenten wordt beschreven in hoofdstuk vier. Het eerste gedeelte van dit hoofdstuk beschrijft hiertoe een aantal faalmechanismen in termen van stressors. In het tweede gedeelte van dit hoofdstuk worden aan de hand van deze faalmechanismen stressor/susceptibility modellen afgeleid voor een aantal praktische componenten. Behandeld worden: een Schottky diode, een hoogspanningstransistor en een zogenaamd motordriver IC. Deze componenten zijn gekozen vanwege de sterk verschillende traditionele bedrijfszekerheidsmodellen of vanwege de verschillen tussen voorspelde en praktische bedrijfszekerheid. Van het IC waren op het moment van schrijven van dit proefschrift helaas onvoldoende exemplaren aanwezig om ook voor deze component een volledig model te kunnen ontwikkelen.

Het vijfde hoofdstuk beschrijft het gebruik van stressor/susceptibility modellen bij de analyse van praktische circuits. Belangrijk deel van dit hoofdstuk is de afleiding van stressor sets voor praktische componenten. Een probleem is in de praktijk dat bruikbare tolerantie gegevens van veel componenten niet beschikbaar blijken te zijn. Appendix C gaat op dit probleem nader in. Uit dit hoofdstuk blijkt dat stressor/susceptibility analyse een bruikbare methode is voor het opsporen van een zeer groot deel van de praktische bedrijfszekerheidsproblemen. Met de huidige generatie modellen blijft het echter moeilijk het tijdstip waarop een fout optreedt te voorspellen.

In hoofdstuk zes wordt beschreven hoe de stressor/susceptibility analyse gebruikt kan worden bij circuit optimalisatie. Daar stressor/ susceptibility modellen direct relateren aan "ontwerpbare" parameters wordt het mogelijk parameterkeuze af te stemmen op optimale bedrijfszekerheid. De gebruikte optimalisatiemethode hangt nauw samen met reeds bestaande optimalisatiemethoden welke gebruikt worden bij het verkrijgen van maximale produktieopbrengst. Een en ander wordt geïllustreerd aan de hand van een eenvoudig voorbeeld.

Hoofdstuk zeven beschrijft tenslotte de conclusies van dit onderzoeksproject en geeft aanbevelingen voor verder onderzoek.

* * *

COMPUTER-AIDED PHYSICAL-SYSTEMS MODELING AND SIMULATION: A BOND-GRAPH APPROACH

Door J.F. Broenink.
30 maart 1990.
Promotor:
Prof.dr.ir. J. van Amerongen.

Dit proefschrift beschrijft de ontwikkeling van computerondersteuning voor modelvorming, simulatie en analyse van het dynamisch gedrag van technisch fysische systemen.

Eén van de belangrijkste elementen bij modelvorming en simulatie is het opstellen van een set wiskundige vergelijkingen (*een wiskundig model*) die het dynamisch gedrag van een systeem beschrijft op een vooraf bepaalde mate van detail. Het opstellen van een wiskundig model vanuit technische specificaties wordt uitgevoerd vanuit een fysische invalshoek om aan de, op fysica gebaseerde, randvoorwaarden te voldoen. Technische specificaties kunnen vaak in de vorm van een schema worden beschreven (bijvoorbeeld een elektrisch schema of een mechanisch diagram), waarin zowel de componenten (subsystemen) als hun onderlinge verbindingen (structuur) worden aangegeven. Zo'n schema heet een fysisch model.

De fysische systeemtheorie geeft een uniforme methode voor de beschrijving van dynamische modellen van technische systemen in de verschillende technische domeinen. Deze uniformiteit wordt vooral duidelijk wanneer de bondgraafnotatie wordt gebruikt. Een bondgraaf is een graaf waarin zowel de fysische structuur van het systeem als de aard van de subsystemen worden getoond. Het *toestandsbegrip* is essentieel. De set toestandsvariabelen van een fysisch systeem, die wordt gevormd door de extensieve grootheden, wordt op ondubbelzinnige wijze bepaald. Zo'n set hoeft echter niet minimaal te zijn, wat impliciete vergelijkingen tot gevolg heeft. Het wiskundig model kan vanuit de bondgraaf op een eenvoudige wijze worden opgesteld. De resulterende set vergelijkingen kan fysisch worden geïnterpreteerd en terugkoppeling naar de gebruiker kan in technische termen worden gegeven.

Omdat de huidige computersimulatieprogramma's niet voldoende ondersteuning bieden, is besloten om een nieuw pakket te ontwikkelen, genaamd CAMAS (Computergesteunde Modelvorming, Analyse en Simulatie). CAMAS bestaat uit 3 onderdelen: modelvorming, simulatie en analyse. De scheiding tussen modelvorming en het gebruik van modellen voor simulatie of analyse wordt benadrukt in de methode en ondersteund binnen CAMAS. Vanwege het bilaterale karakter van de verbindingen tussen de submodellen en vanwege het feit dat in principe de submodellen zelf de verbindingen niet beïnvloeden, wordt de scheiding tussen modelvorming en modelgebruik gewaarborgd.

Modellen en submodellen worden beschreven in de modelleringstaal SIDOPS, waarin zowel bondgraafmodellen en constitutive relaties als resultaten van modelbewerkingsfasen worden uitgedrukt. Voor het ontwerp van SIDOPS zijn eigenschappen van bondgrafen en constitutive relaties onderzocht. De verwerking van een bondgraafmodel naar een set vergelijkingen bestaat uit 3 stappen:

- *expansie*, alle submodelbeschrijvingen worden in het hoofdmodel ingevoegd
- *causale analyse*, de rekenrichting van de bilaterale signaalstroom bij de bonds wordt vastgesteld
- *generatie van vergelijkingen*, een set van differentiaal- en algebraïsche vergelijkingen wordt verkregen.

Het modelvormingsgedeelte van CAMAS bestaat uit de grafische editor voor bondgrafen, de formule-editor voor constitutive relaties en de vertaler voor het verwerken van bondgraafmodellen naar wiskundige modellen. In beide editors kunnen controles betreffende de consistentie van submodellen worden uitgevoerd. Zodoende kan in een vroeg stadium van modelvorming terugkoppeling worden gegeven.

Voor de simulatie van wiskundige modellen zijn verschillende numerieke methoden aanwezig. Naast de vorm van de vergelijkingen, hetzij impliciet hetzij expliciet, bepalen de waarden van de parameters, gerepresenteerd door de eigenwaarden, welke numerieke methodes bruikbaar zijn voor een bepaald model. Discontinuïteiten vereisen een speciale behandeling tijdens numerieke integratie. Een procedure om een adequate numerieke methode te kiezen is beschreven. Het CAMAS simulatiegedeelte behelst het specificeren van de noodzakelijke gegevens, het uitvoeren van de simulaties en desgewenst de plot voorzien van tekst. Het wiskundig model, de waarden van de parameters, de run specificaties en de uitvoerspecificaties zijn de 4 onderdelen waaruit de gegevens van een simulatierun bestaan. Specificatie van verschillende runs met hetzelfde model kunnen daarom gemakkelijk worden behandeld. De gebruiker wordt ondersteund bij het gebruik van deze 4 onderdelen, en standaard waarden voor de runspecificaties worden aangeboden.

Het nog te implementeren analyse gedeelte van CAMAS zal analyse op zowel modelniveau (zowel bondgrafen als constitutive relaties) als op het niveau van de trajectoriën (signaalanalyse) te bedrijven. De resultaten worden in het bondgraafmodel weergegeven. Voor het ontwikkelen van dit gedeelte worden bestaande algoritmes gebruikt.

Het prototype van CAMAS, wat is gebouwd om het ontwerp te testen, behelst de essentiële modelvormings- en simulatie activiteiten.

* * *

ACCELEROMETERS FOR GAIT ASSESSMENT IN FUNCTIONAL NEUROMUSCULAR STIMULATION

Door A.T.M. Willemsen.
6 april 1990.
Promotor:
Prof.dr. H.B.K. Boom.

Functionele elektrische stimulatie (FES) is het door kunstmatige elektrische prikkeling van intacte perifere zenuwen, genereren van spiercontracties met als doel om functionele bewegingen van verlamde extremiteiten weer mogelijk te maken. Wij richten ons daarbij specifiek op het herstel van de sta- en loopfunctie van paraplegie patiënten. Hierbij ondervinden we een aantal problemen zoals matige tot slechte selectiviteit van de te stimuleren spieren, instabiliteit van de gegenereerde spierkrachten en dus ook van de bewegingen, snelle vermoeidheid en lage loopsnelheid. Een drietal manieren om dit te verbeteren zijn

- Ontwikkeling van nieuwe, implanteerbare, stimulatie elektroden om de selectiviteit en de stabiliteit van de stimulatie te bevorderen.
- Combineren van FES en externe beenbeugels om stabiliteit te garanderen en spiervermoeidheid te verminderen.
- Ontwikkeling van terugkoppelmechanismen waarbij het verschil tussen werkelijke en gewenste beweging gebruikt wordt om de stimulatie te optimaliseren. Hierdoor wordt, in principe, de stabiliteit gegarandeerd en de spierkracht geminimaliseerd.

Omdat bij de laatste methode bewegingen vergeleken moeten worden is het essentieel dat we deze nauwkeurig kunnen bepalen. We hebben dus sensoren nodig die beenbewegingen kunnen meten, gerepresenteerd door de hoek, de hoeksnelheid en de hoekversnelling van de verschillende beensegmenten. Deze sensoren moeten nauwkeurig zijn, klein, robust en goed te bevestigen aan de benen. De hoek, hoeksnelheid en hoekversnelling moeten real-time berekend worden. Tevens moet het geheel acceptabel zijn voor de patiënt. Omdat de sensoren die tot nu toe gebruikt worden niet aan deze eisen voldoen hebben we onderzocht in hoeverre versnellingsopnemers te gebruiken zijn voor het bepalen van beenbewegingen.

Uit de literatuur blijkt dat versnellingsopnemers gebruikt kunnen worden om hoeksnelheid en hoekversnelling te bepalen. De bepaling van hoeken gebeurt echter d.m.v. integratie wat aanleiding geeft tot integratiedrift. Hierdoor wordt de praktische toepassing van deze methode ernstig beperkt. We hebben daarom de bepaling van hoeken nader bestudeerd. Een nieuwe methode is ontwikkeld die onder bepaalde omstandigheden de hoek tussen twee segmenten, bijv. de kniehoek, berekent zonder integratie. Hiervoor gebruiken we paren versnellingsopnemers die op verschillende afstanden van de knie aan boven- en onderbeen bevestigd worden. Tijdens normaal lopen van een gezonde proefpersoon blijkt deze methode goed te werken voor lage signaal frequenties (<5 Hz). Indien we ook hogere frequenties (>10 Hz) meenemen in de analyse dan blijkt dit te resulteren in grote fouten in de kniehoek.

De invloed van de verschillende foutenbronnen is nader onderzocht waarbij we tevens een gevoeligheidsanalyse ten aanzien van de gemeten versnellingen en de afstanden tot de knie hebben uitgevoerd. Hieruit bleek dat de gevoeligheid afneemt met de afstand tot de knie. Tevens bleek dat de gevoeligheid groter is voor fouten in de tangentiële versnelling, d.w.z. in de looprichting, dan voor fouten in de radiële versnelling, d.w.z. parallel aan het beensegment. De foutenanalyse liet zien dat de "rigid-body" conditie, d.w.z. de aanname dat de afstand tussen sensor en draaipunt constant is, de belangrijkste foutenbron is voor de hogere frequenties. Zo kunnen hoogfrequente bewegingen in de orde van 1 mm al resulteren in fouten in de kniehoek van 1 rad ($\pm$ 60°). Voor de lagere frequenties blijken ook het niet ideale kniegewricht en de niet twee dimensionale beenbewegingen belangrijke foutenbronnen te zijn.

De fout in de kniehoek zoals deze uit de foutenanalyse volgt, blijkt vergelijkbaar te zijn met de fout die we experimenteel vinden. Voor de lagere frequenties kan de kniehoek die we m.b.v. de versnellingsopnemer signalen bepalen, gebruikt worden voor terugkoppeling. Dit betekent dat hoekmetingen m.b.v. versnellingsopnemers een alternatief is voor de hoeksensoren die tot nu toe worden gebruikt.

Een tweede mogelijkheid voor het gebruik van versnellingsopnemers is om i.p.v. hoeken toestanden te berekenen, bijv. stand- en zwaaifase. Een voordeel hiervan is dat alhoewel de ingangssignalen last kunnen hebben van storingen en ruis, de uitgang goed gedefinieerd is. Er zijn ook terugkoppelmethoden die gebruik maken van toestandsdetectie waarbij ook de regelaar maar een beperkt aantal uitgangen kent, bijv. aan en uit. Hoewel zulke methoden niet de nauwkeurigheid kunnen bereiken van continue terugkoppelingsmethoden, hoopt men hiermee een robuuster systeem te bereiken.

We hebben deze detectiemethode toegepast voor de automatische stand-zwaaifase detectie t.b.v. peroneus stimulatie. Hierbij worden de spieren die de voet heffen, tijdens de zwaaifase gestimuleerd om zo het slepen van de voet te voorkomen. De detectie van de overgangen tussen stand- en zwaaifase is dus essentieel. Normaal gebeurt dit met voetschakelaars. Bij metingen aan gezonden en hemiplegen constateerden we dat de verticale versnelling van het been, zoals deze vlak onder de knie gemeten wordt, een karakteristiek patroon heeft. Hierin zijn verschillende fasen, waaronder het begin en het eind van de zwaaifase duidelijk zichtbaar. Om de verschillende fasen automatisch te detecteren hebben we een detector gemaakt die gebruik maakt van de correlatie tussen het gemeten signaal en een template. Deze template werd weer afgeleid uit het signaal dat we willen detecteren. Het begin van de zwaaifase werd in 98% van de gevallen correct gedetecteerd. Voor het eind van de zwaaifase is dit 96%. Er blijken nauwelijks verschillen te zijn tussen de hemiplegen en de controlegroep.

Deze methode is verder ontwikkelt voor real-time toepassingen waarbij de peroneus stimulator gestuurd wordt door de detector. Hier-

bij vonden we vergelijkbare resultaten voor de detectienauwkeurigheid. Tevens bleek uit een aantal dubbel-blind metingen, waarbij de detectie gebaseerd was op de voetschakelaar dan wel de versnellingsopnemer, dat de hemiplegen geen onderscheid konden maken tussen beide systemen. Dit betekent dat versnellingsopnemers de voetschakelaars die normaal gebruikt worden voor het sturen van de peroneus stimulator kunnen vervangen.

* * *

TRENDY: AN INTEGRATED PROGRAM FOR IC PROCESS AND DEVICE SIMULATION

Door E. van Schie.
12 april 1990.
Promotoren:
Prof.dr. J. Middelhoek,
Prof.dr. H. Wallinga.

Het onderzoek vond plaats bij de vakgroep IC-technologie en Elektronika van de faculteit Elektrotechniek van de Universiteit Twente. Het onderzoek bij de vakgroep strekt zich uit van procesonderzoek tot de realisatie van circuits op een chip. Hoofdpunten hierbij zijn de ontwikkeling van nieuwe ontwerp- en testconcepten, basisschakelingen, processtappen en computer hulpmiddelen (CAD). Het onderzoek is uitgevoerd binnen een subgroep met als activiteit de ontwikkeling en experimentele verificatie van modellen en CAD programmatuur ten behoeve van IC proces- en device-ontwerpers.

De programmatuur ten behoeve van proces CAD bestaat voornamelijk uit simulatieprogrammatuur voor fabricageprocessen en simulatieprogrammatuur voor de elektrische karakteristieken van devices. Verder gaat de technologische ontwikkeling zo snel, dat er continu gewerkt wordt aan verbeterde en nieuwe fysische modellen. Bestaande algemeen verkrijgbare programma's hebben een rigide structuur, waardoor aanpassingen en innovaties voor zowel fysische modellen als numeriek wiskundige methodes moeilijk te realiseren zijn. Het doel van het onderzoek was om te komen tot een flexibel programma, waarmee zowel proces- als devicesimulaties kunnen worden uitgevoerd in twee dimensies. Het programma moet kunnen dienen als een hulpmiddel voor de ontwikkeling van modellen en numerieke methodes, waarvan de resultaten direct bruikbaar zijn voor procesontwikkelaars.

Er is gekozen voor een object georiënteerde aanpak in de taal C. Een drietal objecten zijn gerealiseerd. Ten eerste een object, waarin methodes zijn ondergebracht voor het oplossen van fluxconserverende differentiaal vergelijkingen. Ten tweede een object, waarin methodes zijn ondergebracht voor het uitvoeren van bewegingen en veranderingen in de geometrie van een device. Ten derde een object waarin methodes zijn ondergebracht voor Monte Carlo simulaties van ionenimplantatie, hetgeen een belangrijke fabricagestap is. Een tweetal objecten met betrekking tot gridgeneratie en optimalisatiemethodes zijn gedefinieerd, maar nog niet geïmplementeerd. Ook is er veel aandacht besteed aan het gebruikersgemak. Van de drie geïmplementeerde objecten worden hieronder de specifieke onderzoeksthema's toegelicht.

Voor het simuleren van processtappen, die de geometrie van een device veranderen, zoals etsen en depositie, zijn de zogenaamde string algoritmes het meest gebruikt. De string methode is echter alleen toepasbaar voor twee-dimensionale simulaties. Om deze reden is er gezocht naar een aanpak, die ook voor drie-dimensionale situaties bruikbaar is. De geïmplementeerde methode is gebaseerd op het gebruik van splines. Splines worden vaak toegepast voor drie-dimensionale geometrische modellering. Het is gebleken, dat een spline gerichte aanpak een goed alternatief is voor de "string" algoritmes.

Voor het simuleren van ionen implantatie is de Monte Carlo methode zeer geschikt. Deze methode vergt evenwel veel cpu-tijd. Daarom is er veel aandacht besteed aan het verminderen van de benodigde cpu-tijd. Het basisidee is dat tussenresultaten, die relatief veel cpu-tijd kosten, meer dan 1 keer gebruikt kunnen worden tijdens een simulatie. Dit heeft geleid tot een cpu-tijdwinst van tenminste een factor 400.

Procedures voor het oplossen van differentiaal vergelijkingen zijn nodig voor zowel proces- als devicesimulatie. Hoewel de vergelijkingen onderling sterk verschillen, zijn de oplosprocedures voor die vergelijkingen analoog. In TRENDY is de software voor fysische modellen en de software voor oplosprocedures van elkaar gescheiden gehouden. Oplosprocedures voor specifieke differentiaal vergelijkingen kunnen op een flexibele manier worden "gerealiseerd" door middel van "pointers naar functies". Naast de min of meer standaard oplosprocedures is er een nieuwe oplosprocedure onderzocht; de "merged multigrid methode". Deze methode is gebaseerd op de multigrid methode. Een nadeel van de klassieke multigrid methode is dat deze afgestemd moet worden op specifieke eigenschappen van de differentiaal vergelijking. Met de merged multigrid methode wordt dit nadeel ondervangen.

Het huidige simulatiepakket wordt al intensief gebruikt door zowel procesontwerpers als modelontwikkelaars, waarbij wordt samengewerkt met andere universitaire onderzoeksinstituten en de industrie.

Een belangrijk aspect van modellering vormt de experimentele verificatie van modellen. Op het gebied van de ionenimplantatie is een methode ontwikkeld waarmee twee-dimensionale verdelingsfuncties kunnen worden bepaald. De bedoelde twee-dimensionale verdelingsfuncties zijn het resultaat van een implantatieproces met behulp van een "lijn ionen bron". Het afremmechanisme van een geïmplanteerd ion veroorzaakt een laterale spreiding van de ionenverdeling. Met de huidige beschikbare meettechnieken kan echter alleen een één-dimensionale verdelingsfunctie worden gemeten. Door nu scheve implantaties uit te voeren komt een deel van deze laterale spreiding in de één-dimensionale meetrichting terecht. Het blijkt dat de relatie tussen een twee-dimensionale verdelingsfunctie en de één-dimensionale meetresultaten gegeven wordt door een integraal transformatie. Deze integraal transformatie wordt ook gevonden in de medische techniek bij CT scan methodes. Door middel van een inverse transformatie kan de niet direct meetbare twee-dimensionale verdelingsfunctie berekend worden.

* * *

GENERALIZING VLSI LAYOUT DESIGN – A RULE BASED SYMBOLIC LAYOUT APPROACH

Door F.A. Beune.
11 mei 1990.
Promotoren:
Prof.dr.ing. O.E. Herrmann en
Prof.dr.ir. R.H.J.M. Otten.

Dit proefschrift behandelt methoden en technieken die het ontwerpen van geometrische layout een meer algemene basis geven. Ze zijn toegepast en getest in een laag-niveau-systeem voor de synthese en manipulatie van layout voor digitale geïntegreerde schakelingen. Dit systeem is het eerste rule-based-systeem voor algemene layout-ontwerp; het is een "echt" systeem, gebaseerd op symbolische layout, dat met succes is gebruikt om functionerende layouts te maken.

Door de op regels gebaseerde aanpak en door de architectuur is het mogelijk om het aan te passen aan nieuwe ontwerpstrategieën en -eisen. Hierdoor wordt het rendabel om gespecialiseerde problemen op te lossen met op maat gemaakte software, waarmee nieuwe kansen worden geschapen om het ontwerpgereedschap aan het ontwerpproces te laten

aansluiten in plaats van andersom. Voorbeelden van snelle softwarebouw worden in detail besproken.

Symbolische layout werd als basis gebruikt voor het systeem vanwege de hogere abstractiegraad, het ontbreken van "design rules", de procesonafhankelijkheid en de geschiktheid voor automatische compositie van layout cellen naar grotere structuren. Deze dissertatie biedt een nieuwe verruiming van de mogelijkheden van symbolische layout zonder deze voordelen aan te tasten: de opzet van de hiërarchie is niet langer beperkt en symbolen met een willekeurige geometrie kunnen toegepast worden, net als in masker-layout. Het invoeren van zulke symbolen is zo eenvoudig dat de ontwerper het zelf kan doen.

De gekozen representatie van de symbolische layout bestrijkt een breed gebied. Het kan ontwerpen op zowel masker- en "net list"-niveau beschrijven als op vier tussenliggende niveaus. Kleine software modules, utilities, stellen een ontwerper in staat om zijn ontwerp geleidelijk om te zetten van "net list"- tot masker-niveau, kiezend uit een automatische, semi-automatische of handmatige benadering. Evengoed mogelijk is een incrementele extractie van masker tot net list niveau; dit bevordert het hergebruik en het converteren van de procestechnologie van bestaande ontwerpen. Een origineel en snel algoritme voor het omzetten van masker-layout naar symbolische layout maakt deel uit van het extractie-traject.

* * *

DEVELOPMENT OF A COMBINED CMOS/BCCD PROCESS WITH SELF-ALIGNED GATE STRUCTURE

Door L.F.P. Warmerdam.
31 mei 1990.
Promotoren:
Prof.dr. H. Wallinga en
Prof.dr. J. Middelhoek.

Dit proefschrift beschrijft het UT-CMOS/BCCD proces, dat ontwikkeld is ten einde het onderzoek op het gebied van CCD analoge signaalbewerking te stimuleren. Om te voldoen aan de eisen m.b.t. snelheid en transportefficiëntie, wordt een begraven kanaal CCD (BCCD) gebruikt. Uit het oogpunt van compatibiliteit in zowel ontwerp- als procesomgeving, wordt het BCCD gecombineerd met het bestaande UT-CMOS proces. Toevoeging van het BCCD vergt een minimum van twee extra maskers.

Het BCCD kanaal wordt gecreëerd m.b.v. hoge energie ionen implantatie. Het kanaal wordt lokaal geïmplanteerd met een enkel implantatiemasker. Er is aangetoond dat een kanaalscheiding van slechts 2 μm een goede isolatie tussen de kanalen oplevert. Het SUPREM-3 doteringsprofiel van het BCCD kanaal komt overeen met spreidings-weerstand en *Secondary Ion Mass Spectroscopy* (SIMS) analyse. Het opvullen van het dal in doteringsconcentratie tussen de twee implantatiepieken wordt toegeschreven aan lokale verhoogde diffusie, veroorzaakt door implantatieschade en/of oxydatie.

Het gate-definitie-proces dat gebruikt wordt samen met het BCCD, resulteert in submicron afstanden (*gaps*) tussen buurgates. In het BCCD kanaal onder de *gaps* wordt een lokale verhoging van het potentiaal maximum (potentiaalput) gevonden. In potentiaalputten kan bij ladingtransport lading achterblijven. M.b.v. simulaties is aangetoond dat *gaps* van 0.5 μm of minder, nodig zijn om de parasitaire invloed van potentiaalputten te vermijden.

De kleinsignaal transportefficiëntie ε van BCCD vertragingslijnen is gemeten bij lage klokfrequenties. Bij de beschikbare vertragingslijnen is de invloed marginaal en ε is vastgesteld op minder dan 10^{-5}.

De *Bucket Brigade Bridge* (BBB) is een belangrijk onderdeel in *Charge Domain* netwerken. De BBB verzorgt de overgave van de signaallading van een of meerdere CCD uitgangen naar de ingang van een nieuw CCD. Het belangrijkste probleem van de BBB is zijn transport inefficiëntie ε. Bij lage klokfrequenties bepaalt de *Drain Induced Barrier Lowering* (DIBL) de ε. Indien, teneinde DIBL te beperken, een grote gate-lengte wordt gekozen, leidt dat tot een slecht hoogfrequent gedrag. Methodes worden beschreven om voor een bepaalde toepassing ε te minimaliseren. De op CCD's met BBB's gemeten inefficiënties liggen rond de 10^{-3} en zijn relatief laag. Dit wordt toegeschreven aan het gebruikte BCCD kanaal.

Er is gekozen voor een *self-aligned* gate-definitie-proces. De voor- en nadelen van dit proces in vergelijking met overlappende processen worden uitgebreid behandeld. De submicron *gaps* tussen de gates worden langs technologische weg gedefinieerd. Daarmee is deze implementatie onafhankelijk van de gebruikte lithografie. Er wordt gebruik gemaakt van de laterale terugetsing van een silicium-oxyde laag. Deze stap wordt verricht onder reproduceerbare omstandigheden. De combinatie met anisotrope plasma-etsen resulteert in een goede beheersing van de *gap*-breedte. *Gaps* van 0.2 tot 0.5 μm zijn vervaardigd. Ze vertonen weinig breedte en positie fluctuatie.

De gemeten potentiaalputten in het BCCD kanaal komen redelijk overeen met simulaties. Het verschil tussen gesimuleerde en gemeten waarden wordt toegeschreven aan geometrische effecten in de *gap*, veroorzaakt door de *processing*.

De CMOS randschakelingen van een *Charge Domain* filter worden gepresenteerd. De mogelijkheid tot toepassing van pMOS transistoren verhoogt de ontwerpvrijheid en de kwaliteit. Van de ingangsschakeling wordt een nauwkeurig model van de laagfrequent harmonische vervorming gepresenteerd.

* * *

CO-CR LAYERS FOR PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING

Door J.P.C. Bernards en C.P.G. Schrauwen.
7 juni 1990.
Promotor:
Prof.dr. Th.J.A. Popma.

Dit proefschrift handelt over de vervaardiging van dunne lagen van een legering van cobalt en chroom ($Co_{79}Cr_{21}$) en over de bestudering van hun magnetische eigenschappen en structuur. De relatie tussen deze eigenschappen en die bij het gebruik in magnetische registratie zijn nader onderzocht met het oog op mogelijke toepassing van deze Co-Cr-lagen in videoregistratie met hoge dichtheden.

Hoofdstuk 1 geeft een inleiding op de onderwerpen: media voor magnetische registratie, loodrechte registratie ("perpendicular recording") en het gebruik van dunne lagen Co-Cr in media voor loodrechte registratie.

De in dit proefschrift behandelde dunne lagen worden vervaardigd met behulp van een techniek onder verlaagde druk (RF diode sputteren). De onderzoekingen die geleid hebben tot een verbeterde beheersing van dit proces worden beschreven in hoofdstuk 2. Als substraten voor de lagen zijn dunne, soepele folies van een polyester of een polyimide gebruikt. Hiervoor was het noodzakelijk speciale substraathouders te ontwikkelen en te gebruiken. De magnetische coërciviteit van de Co-Cr-lagen bleek in hoge mate afhankelijk te zijn van de substraattemperatuur tijdens het sputteren. Met een substraathouder, waarvan de temperatuur op een constante waarde kan worden ingesteld, is een voldoende beheersing van de substraattemperatuur bereikt. De hoeveelheid en samenstelling van het restgas in de sputterruimte zijn zodanig, dat Co-Cr-lagen met een loodrecht geöriënteerde magnetische voorkeursrichting verkregen kunnen worden.

In hoofdstuk 3 worden de technieken beschreven die gebruikt zijn om de structuur en de magnetische eigenschappen van de lagen te bestuderen. De voornaamste grootheden, die nodig zijn om de verschillende lagen met elkaar te vergelijken en die met de beschreven technieken bepaald kunnen worden, zijn de coërciviteit in de richting loodrecht op de laag ($H_c, \perp$), de spreiding van de kristallografische c-as ($\Delta\theta_{50}$) en de effectieve magnetische anisotropie (K_{eff}). De effectieve magnetische anisotropie is gedefinieerd als de vrijkomende energie bij het draaien van de magnetisatie in de Co-Cr-laag van een richting in het vlak van de laag naar een richting loodrecht op de laag. Een laag met een loodrecht geörienteerde magnetische voorkeursrichting heeft een positieve effectieve anisotropie. Een speciale, geautomatiseerde magnetometer (VSM) is ontworpen, waarmee zowel de magnetisatie in de richting van het aangelegde magnetische veld als de magnetisatie loodrecht op dit veld bepaald kunnen worden. Dit meetinstrument maakt het mogelijk het magnetische registratieproces te simuleren, zoals beschreven wordt in de hoofdstukken 7 en 9.

De structuur en de magnetische eigenschappen van de Co-Cr-lagen blijken in hoge mate afhankelijk te zijn van het substraatmateriaal, zoals in hoofdstuk 4 wordt besproken. Co-Cr-lagen die een loodrecht geörienteerde magnetische voorkeursrichting vertonen en homogene eigenschappen in de richting van de laaggroei hebben worden verkregen op een voldoende dikke germanium laag tussen de Co-Cr-laag en het substraat. Wordt een dergelijke zogenaamde onderlaag niet toegepast, dan vertoont het onderste deel van de Co-Cr-laag (de "initial layer") een magnetische voorkeursrichting in het vlak. Vooral na het vervaardigen van Co-Cr-lagen op het polyester substraat bij verhoogde substraattemperatuur wordt deze "initial layer" waargenomen. De benodigde onderlaag is veel dunner op het polyimidesubstraat dan op polyester. De afgifte van verontreinigingen door het substraat tijdens de vervaardiging van de laag is in het laatste geval groter. Ook onderlagen van titaan, silicium en goud blijken een positieve invloed te hebben op de effectieve magnetische voorkeursrichting van de Co-Cr-laag.

Bij een hogere substraattemperatuur tijdens de vervaardiging van de Co-Cr-lagen wordt een grotere coërciviteit in de loodrechte richting verkregen. De mogelijke oorzaken zijn onderzocht met ferromagnetische resonantie (FMR) en röntgenanalyse op zeer kleine schaal (X-ray microanalysis). De resultaten worden besproken in hoofdstuk 5. De toename in coërciviteit blijkt het gevolg te zijn van een toegenomen inhomogeniteit van de Co-Cr-laag in de richtingen in het vlak van de laag. De aard van deze inhomogeniteit blijkt sterk te verschillen tussen Co-Cr-lagen direct op het polyester substraat of op een Ti-onderlaag en lagen op een Ge-onderlaag. In de eerste twee gevallen wordt bij een vervaardiging bij verhoogde temperatuur een segregatie van Cr naar de randen van de in de laag aanwezige kolommen waargenomen, waardoor de randen 6 at.% rijker aan Cr zijn dan de kolommen en daardoor waarschijnlijk niet meer magnetisch zijn. In geval van de Ge-onderlaag en een vervaardiging bij relatief lage temperatuur wordt een Cr-verrijking van het hart van de kolommen waargenomen. Bij hogere temperaturen treden kleinere structuren binnen de kolommen op, welke of verrijkt, of verarmd in Cr zijn.

Zoals in hoofdstuk 6 blijkt, hangt de ruis afkomstig van de Co-Cr-laag bij weergave af van de laagdikte en de coërciviteit. Met behulp van een microscoop die magnetische krachtvelden zichtbaar maakt ("magnetic force microscope") wordt duidelijk dat het hoge ruisniveau van een laag met een lage coërciviteit het gevolg is van de beïnvloeding van de geschreven magnetische overgangen door de in de laag aanwezige streepdomeinen, waardoor deze overgangen kronkelig geworden zijn. De breedte van de aanwezige streepdomeinen kan ook worden afgeleid uit de helling van de magnetische hystereselussen met behulp van het Kooy-en-Enz-model. De in de domeinwand aanwezige magnetisatie is in belangrijke mate verantwoordelijk voor de magnetische remanentie in het vlak. De waarneming, dat de coërciviteit en de remanentie in een binnenlus groter zijn dan de overeenkomstige waarden in de verzadigde hystereselus kunnen eveneens verklaard worden met behulp van domeinwandverplaatsingen. Met toenemende coërciviteit verminderen de ruis en de relatieve verhoging van de coërciviteit en de remanentie van binnenlussen ten opzichte van de verzadigde lus. Deze verschijnselen kunnen verklaard worden uit een afname in de periode van de streepdomeinen of uit een overgang van een magnetisch continue laag naar een laag waarvan de eigenschappen meer met behulp van een deeltjesmodel beschreven kunnen worden, en waarin rotatie het mechanisme is waardoor de magnetisatierichting omkeert. Uit het zichtbaar maken van de domeinen in een laag met een coërciviteit van 45 kA/m en in een laag met een coërciviteit van 15 kA/m blijkt, dat in eerstgenoemde de domeinperiode kleiner en de domeinlengte korter is dan in laatstgenoemde. Op grond van deze waarnemingen kunnen beide mechanisme een rol spelen.

Ter verkrijging van een relatief grote geïnduceerde spanning bij de weergave blijken een hoge coërciviteit en een grote magnetische anisotropie noodzakelijk te zijn, zoals blijkt in hoofdstuk 7. Een informatiedichtheid van 1 $Mbit/mm^2$ kan zo bereikt worden. De frequentie-afhankelijkheid van de geïnduceerde spanning blijkt evenwel, naast de uitdoving vanwege de spleetafmeting van de magneetkop (ringkop), bijkomende minima te vertonen. Deze minima zijn een gevolg van interferentie tijdens het schrijven door de ringkop tussen de twee tegengestelde maxima in het loodrechte veldpatroon van de ringkop. Dit blijkt uit de simulatie van het registratieproces met de speciale VSM. Een maximum in de loodrechte magnetisatie van de magnetische laag wordt gevonden nabij de geschreven overgang, wat de waargenomen minima in de frequentie-afhankelijkheid van de afgegeven spanning verklaart. De component van het kopveld in het vlak van de laag speelt een belangrijke rol bij het ontstaan van het geregistreerde magnetisatiepatroon. Zonder deze component wordt het maximum in de loodrechte magnetisatie niet waargenomen. Wanneer de maximale waarde van het aangelegde magnetische veld tijdens de simulatie wordt verlaagd of de effectieve anisotropie van de laag kleiner is neemt de hoogte van het maximum af, wat in overeenstemming is met de resultaten van experimenten in een proefopstelling voor magnetische registratie. Uit de simulaties blijkt ook, dat het gebruik van Co-Cr-lagen waarin de magnetische voorkeursrichting onder een hoek staat met de loodrechte richting een relatief lager maximum en een hogere magnetisatie zullen vertonen wanneer de registratie in de juiste beweegrichting wordt uitgevoerd. Dergelijke lagen, waarin de hoek van de magnetische voorkeursrichting met de normaal een gevolg is van de vormanisotropie van de kolommen zijn meer gevoelig voor het ene maximum in het loodrechte veldpatroon van de ringkop dan voor het andere.

Hoofdstuk 8 beschrijft de onderzoekingen aan Co-Cr-lagen in combinatie met zacht-magnetische onderlagen, een combinatie die geschikt is voor magnetische registratie met een magnetische poolkop ("probe head"). De eigenschappen van de Co-Cr-laag blijken nu in sterke mate afhankelijk te zijn van de zacht-magnetische onderlaag en de, in een aantal gevallen toegepaste, tussenlaagjes. Wanneer een zacht-magnetische onderlaag van een legering van nikkel en ijzer ($Ni_{79}Fe_{21}$) wordt toegepast, dan zorgen bias-sputteren van de Ni-Fe-laag en een tussenlaagje van titaan voor het ontstaan van een Co-Cr-laag met een duidelijke kolomstructuur en een grote coërciviteit in de loodrechte richting. De Ni-Fe-laag heeft dan een lage coërciviteit in het vlak. Bij gebruik van een legering van cobalt, zirkonium en niobium ($Co_{86.4}Zr_{4.8}Nb_{8.8}$) als zacht-magnetische onderlaag verbetert een Ge-tussenlaag de structuur van de Co-Cr-laag, maar wordt de coërciviteit in loodrechte richting kleiner. De Co-Zr-Nb-laag heeft een lage coërciviteit in het vlak. De lage coërciviteit in het vlak van beide zacht-magnetische onderlagen geeft aanleiding tot het optreden van plotselinge ruispieken ("spike

noise") tijdens registratie-experimenten met een ringkop. Registratie-experimenten met een poolkop laten een lineair verband zien tussen de coërciviteit in loodrechte richting van de Co-Cr-laag en de afgegeven spanning bij lange golflengten. Wanneer de Co-Cr-laag relatief dik wordt neemt deze spanning af bij een coërciviteit boven een optimale waarde. Waarschijnlijk is dit een gevolg van het feit, dat het veld van de poolkop niet meer sterk genoeg is om de magnetisatie over de volledige laagdikte te wijzigen. Bij gebruik van een poolkop in registratie-experimenten worden geen bijkomende minima waargenomen in de frequentie-afhankelijkheid van de afgegeven spanning.

Tot slot worden in hoofdstuk 9 de registratie-eigenschappen van een Co-Cr-laag met een hoge effectieve anisotropie en een coërciviteit van 70 kA/m en een laag van een gedeeltelijk geöxydeerde legering van cobalt en nikkel (Co-Ni-O), die op de markt wordt aangeboden als ME-tape, met elkaar vergeleken. De bereikbare informatiedichtheden van beide lagen zijn ongeveer even groot. Wanneer evenwel de interferentie tijdens de registratie kan worden vermeden, bijvoorbeeld door gebruik te maken Co-Cr-lagen met een magnetische voorkeursrichting onder een hoek, dan wordt verwacht, dat nog hogere dichtheden mogelijk zijn met Co-Cr-lagen.

* * *

HIGH ENERGY ION IMPLANTATION FOR MERGED SILICON TECHNOLOGIES

Door R.C.M. Wijburg.
31 augustus 1990.
Promotoren:
Prof.dr. J. Middelhoek en
Prof.dr. H. Wallinga.

Dit proefschrift beschrijft het UT-BiCMOS proces. Dit proces onderscheidt zich van reeds bestaande processen, omdat het met behulp van hoge-energie ionenimplantatie gerealiseerd wordt. Het gebruik van hoge-energie ionenimplantatie maakt de zogenaamde conventionele begraven lagen overbodig, hetgeen kan resulteren in een hogere pakkingsdichtheid en een aanzienlijke procesvereenvoudiging. Diverse aspecten van hoge-energie ionenimplantatie voor het combineren van IC-processen zijn onderzocht.

Het UT-BiCMOS proces wordt gekenmerkt door een modulaire processtructuur. Dit vindt zijn weerslag in drie min of meer onafhankelijke procesmodules voor de fabricatie van respectievelijk CMOS, bipolaire en EPROM transistoren. De modulaire opzet leidt niet noodzakelijkerwijs tot het minimum benodigde aantal maskers, maar is echter toch aantrekkelijk uit het oogpunt van compatibiliteit en flexibiliteit. Zo kunnen de MOS en bipolaire transistoren onafhankelijk van elkaar geoptimaliseerd worden.

Het reeds bestaande UT-CMOS proces dient als een basis voor het UT-BiCMOS proces en leidt tot de fabricage van NMOS en PMOS transistoren. Op enkele punten is dit procesgedeelte gemodificeerd teneinde een betere kwaliteit van de MOS transistoren te bewerkstelligen. Dankzij de uitgevoerde modificaties vertonen NMOS en PMOS transistoren met een kanaallengte van 1.5 μm een uitstekend uitschakelgedrag.

De bipolaire procesmodule resulteert in een npn-transistor met polysilicium emitter. Daar hoge-energie ionenimplantatie een beperkte diepte beslaat is het gebruik van een polysilicium emitter erg voordelig. Zeer ondiepe emitter-basisjuncties van hoge kwaliteit kunnen hiermee worden gerealiseerd. Verschillende transistorparameters leiden tot conflicterende eisen wat betreft de collectorimplantatie. Het optimalisatieprobleem is opgelost voor het energiebereik van 1 MeV tot 1.5 MeV. De aldus verkregen bipolaire transistor heeft goede karakteristieken: een versterkingsfactor van 100, constant over 6 decaden van de collectorstroom en een afsnijfrequentie van 6.0 GHz.

Het aanwenden van de EPROM procesmodule leidt tot zogenaamde VIPMOS-EPROM structuren. Deze structuren kunnen worden gebruikt als niet-vluchtig geheugenelement met digitale en analoge circuittoepassingen. De VIPMOS-EPROM, een nieuwe siliciumcomponent, heeft een begraven n-type injector, die wordt gemaakt door een lokale overlap van de retrograde n-kuip en p-kuip. De injector functioneert als de elektronenbron in een substraat-hete-elektronen injectie EPROM. Het elektroneninjectiemechanisme wordt geïnitialiseerd door middel van "punch-through". Zodoende bezit de VIPMOS-EPROM een zeer efficiënte injectiemethode. Metingen wijzen uit, dat programmeersnelheden in het μs-bereik mogelijk zijn.

Conferentieaankondigingen

PATO

Management van Technische innovatie; 4, 5 en 6 maart 1991 in Oisterwijk.

Regressie-analyse; 1, 8, 15 en 22 maart 1991 in Eindhoven.

Blijvende energiebronnen; 18 en 25/3; 8, 15, 22, 29/4; 6, 13/5 van 13.30-16.30 uur in TUE.

Hoogspanning II: Meten en beproeven; 29/1; 5, 12, 19/2; 5, 12, 19, 26/3; 2/4 van 10.30-12.30 uur in TUD.

Vermogenselektronica II; 21, 28/3; 11, 18, 25/4; 2, 16, 23, 30/5 van 09.45-12.30 uur in TUE.

Mini-vermogenselektronica; sept., okt., nov. 1991 van 09.45-12.30 uur in TUE.

Nadere inlichtingen: Bureau van het Pato-orgaan, Postbus 30424, 2500 GK 's Gravenhage. Tel. 070-3644957.

ECSC-2: Second European Conference on Satelite Communications; 22-24 oktober 1991 in Luik.
Contactadres: ECSC-2; 31, Rue Saint Gilles; B-4000 Liège, Belgium. Tel. 041-222946. Fax 041-222388.

ICPR; 11th International conference on pattern recognition (ICPR). 30/8 t/m 4/9 in the Hague, Holland.
Contactadres: dr. J.J. Gerbrands, P.O. Box 5031, 2600 GA Delft. Tel. 015-786052.

Concept programma NERG 1991

maart
CA TV/LAN's

26 maart
Hard-disk editing
en CD mastering

10 april
Jaarvergadering NERG

25 april
Wereld omroep

12 of 19 juni
Sensoren

Najaar
WARC

Oktober
Multi media òf
Super geleiding

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 55 – nr. 5/6 – 1990

Druk: de Witte, Eindhoven.